R. UNIVERSITÀ DI PISA
ISTITUTO DI PATOLOGIA VEGETALE
E DI MICROBIOLOGIA AGRARIA E TECNICA
R. OSSERVATORIO REGIONALE DI FITOPATOLOGIA

IMPERIAL MYCOLOGICAL INSTITUTE
AUG 1946

171

G. LUCHETTI

SULLA BIOLOGIA DEL « CEPHALOSPORIUM ACREMONIUM CDA »

Estratto dagli ANNALI DELLA FACOLTÀ DI AGRARIA
NUOVA SERIE - VOLUME II - (XXX DALLA FONDAZIONE)
1939 - XVII

PISA, PREMIATO STABILIMENTO TIPOGRAFICO G. CURSI & FIGLI - 1939 XVII

1

LUCHETTI G. E VECCHIONE E.

PROGETTO DI UTILIZZAZIONE AGRICOLA DELLE ACQUE DI FOGNA DI PISA

RIASSUNTO – Gli AA. hanno studiato, circa la possibilità di impiegare come campi di spandimento per le acque di fogna di Pisa, alcuni terreni dei dintorni di questa Città. Riscontrata tale possibilità, hanno elaborato un Progetto di larga massima per la utilizzazione delle suddette acque a scopo agricolo, in cui si dimostra l'evidente vantaggio che trarrebbe l'economia agraria locale e Nazionale dalla realizzazione di quest'opera che valorizzerebbe una zona pressochè improduttiva, situata nelle immediate vicinanze della Città.

RÉSUMÉ – Les AA. ont fait des recherches au sujet de la possibilité d'employer, comme champs d'épandage pour les eaux d'égout de Pise, quelques terrains des alentours de cette ville. Ayant verifié une telle possibilité, ils ont élaboré un préliminaire projet pour l'utilisation des susdites eaux à but agricole, dans lequel est montré l'évident avantage qu'en tirerait l'économie agricole locale et Nationale de la réalisation de cette oeuvrage qui mettrait en valeur une zone presque improductive, située dans le voisinage de la ville.

ZUSAMMENFASSUNG – Die Verfasser haben verschiedenes Gelände in der Umgebung von Pisa auf die Möglichkeit untersucht, darauf Felder zur Aufnahme der Abwässer dieser Stadt einzurichten. Da diese Möglichkeit sich ergab, haben sie einen Maximalplan für die Ausnutzung dieser Abwässer zu landwirtschaftlichen Zwecken ausgearbeitet. Es wird darin der offensichtliche Vorteil dargelegt, den die lokale sowohl wie die nationale Landwirtschaft aus der Verwirklichung dieser Unternehmens ziehen würde, das eine fast unproduktive Zone in der unmittelbaren Nähe der Stadt wertvoll machen würde.

SUMMARY – The Authors have investigated the possibility, to irrigate some portions of land in the vicinity of Pisa, with the water from the drains of this

town. The possibility being ascertained, they have worked out a plan on wide principles, for utilising the said drainage water for agricultural purposes, wherein is demonstrated the undeniable advantage that both local and national agrarian economy woned gain by the actuation of this plan, capable of turning into fertile soil, land otherwise almost waste, in the immediate vicinity of the town.

Sommario

1 – Introduzione . . . . . pag. 3
2 – Criteri informatori del Progetto . . . . . „ 6
3 – Popolazione servita dagli impianti e liquame da smaltire . . „ 8
4 – Scelta delle zone da destinarsi a campi di spandimento e studio fisico-chimico dei terreni . . . . . „ 13
5 – Valutazione dei materiali contenuti nel liquame. . . . „ 31
6 – Prelevamento, trasporto e trattamenti preventivi dei liquami . „ 34
A – Prelevamento dei liquami agli sbocchi dei collettori „ 34
B – Sollevamento e trasporto dei liquami . . . „ 38
C – Separazione del grasso e sedimentazione preliminare dei liquami . . . . . „ 43
7 – Irrigazione con i liquami chiarificati ed utilizzazione dei fanghi „ 49
8 – Modalità di utilizzazione dei liquami e superficie dei campi di spandimento . . . . . „ 52
9 – Scelta del sistema d'irrigazione . . . . . „ 54
10 – Ordinamento colturale delle zone di spandimento , . . „ 57
11 – Azione fertilizzante dei liquami sulle diverse colture . . „ 59
12 – Sulla convenienza dell'attuazione degli impianti progettati . „ 62

Bibliografia . . . . . „ 68
Tavole . . . . . „ 72

1 - INTRODUZIONE.

Il problema dello smaltimento e della depurazione delle acque delle fognature cittadine è tale da rivestire, per l'Italia, un'importanza di prim'ordine. Ed alla importanza che esso ha avuta in tutti i tempi oggi va aggiunta, per il nostro Paese, quella che deriva dalla politica dell'autarchia instaurata e perseguita dal Regime Fascista.

Questa politica impone l'obbligo morale della riutilizzazione di tutti i rifiuti, di qualsiasi natura, riutilizzabili in un qualsiasi campo.

È quindi un "non senso", uno stato di cose antiautarchico, quello di disperdere, con le acque cloacali dei centri abitati e con i detriti solidi delle spazzature, un materiale ricco di fertilizzanti i quali costituiscono un ingente capitale agevolmente sfruttabile e reimpiegabile in Agricoltura.

Per tacere delle spazzature, che non formano oggetto di trattazione del presente studio, le acque cloacali contengono azoto, potassa e fosforo i quali, insieme all'acqua, costituiscono i normali fertilizzanti del terreno agrario. E contengono inoltre sostanza organica la quale, secondo i concetti neo-umisti esposti da PEROTTI nella "*Teoria microrganica della concimazione*", [45], costituisce il naturale presupposto per la utilizzazione delle riserve minerali contenute nel terreno agrario.

Fino ad oggi, in Italia, la grandissima maggioranza dei materiali sopra elencati contenuti nelle acque di rifiuto degli aggregati urbani è andata perduta. Pochissime sono, finora, le città italiane che in un modo o nell'altro, con uno o con altro sistema, direttamente o indirettamente, riutilizzano a scopo agricolo le acque di fogna. Ma si è convinti che, per la sopra accennata importanza del problema, una soluzione di

questo si imporrà certamente all'attenzione dei tecnici ed allora, poco alla volta, tutte le città d'Italia si porteranno, anche in questo, all'altezza dei tempi.

La città di Pisa non dovrà essere certo fra le ultime ad adottare un sistema di smaltimento delle acque luride, in quanto trovasi, sotto questo punto di vista, in condizioni del tutto particolari che si passa ad esporre.

Senza volerci addentrare troppo nel problema della fognatura cittadina, a suo tempo trattato esaurientemente da BARBETTI [4], si dirà che attualmente la città possiede una rete di fognatura bianca la quale, secondo l'opinione dei tecnici, può tuttavia continuare a funzionare soddisfacentemente purchè riattata ed ampliata in alcuni tratti. Questa rete è divisa in due parti distinte, a destra ed a sinistra dell'Arno, ciascuna con uno sbocco proprio; la rete di sinistra riversa le acque nel canale dei Navicelli che si presta particolarmente all'uopo avendo una quota oscillante, con brevi scarti, intorno allo zero marino; la rete di destra si scarica nel fiume Morto.

La configurazione planimetrica della Città, disposta ad ali degradanti sulle due rive dell'Arno, con quote comprese fra 6–7 e 2 metri sul livello medio del mare e la quota delle massime piene dell'Arno che raggiunge gli 8 metri sul mare subito a monte ed i 6 metri a valle dell'abitato, non consentono, in linea di massima, per evidenti ragioni, lo scarico di fogne bianche o nere, nell'alveo del fiume. Ciò, quantunque il livello di questo, in periodi di magra, abbia una quota confondibile con lo zero marino, anche per ragioni igieniche.

Non è, d'altra parte, possibile lo scarico delle acque nere nella esistente fognatura bianca per le sue caratteristiche di profondità, di costruzione e di scarico. Ne consegue la necessità di un sistema separatore con due distinti impianti di fognatura per ciascuna parte della città.

In tal senso conclude anche il BARBETTI nella relazione al suo progetto di fognatura della Città eseguito per conto del Comune di Pisa.

Disgraziatamente non si è riusciti ad avere sott'occhio il detto progetto di cui il presente studio costituisce la *naturale*, *necessaria* appendice. La dimostrazione di questi due attributi scaturisce da quanto si è detto sopra. Non essendo conveniente, infatti, scaricare le acque luride nei corsi d'acqua sarà necessario depurarle in qualche modo onde renderle innocue e tali da potersi smaltire senza inconvenienti.

A questo punto è bene chiarire ulteriormente le condizioni attuali dello smaltimento delle acque nere della Città di Pisa.

Teoricamente, questo dovrebbe avvenire mediante la periodica vuotatura, *così detta inodora*, dei pozzi neri esistenti in ogni stabile della Città.

Le acque luride, accumulantesi in vasche statiche, vengono periodicamente aspirate da queste a mezzo di pompe e scaricate in appositi carri-botte metallici mediante i quali si opera il trasporto dei liquami fuori della Città, per spanderli nei campi e negli orti degli agricoltori che ne facciano richiesta e che ne paghino il relativo importo agli imprenditori della vuotatura.

I liquami, quindi, vengono utilizzati in agricoltura, su larga scala, senza nessun preventivo trattamento di depurazione e, ciò che più interessa, vengono, naturalmente, sfruttati nella massima parte a pro delle colture più ricche e più esigenti, non escluse quelle ortive, le quali hanno, nella zona, un larghissimo sviluppo.

Ne deriva una utilizzazione quanto mai antiigienica ed irrazionale dei fecali; ciò nonostante non consta che si siano mai avuti a lamentare inconvenienti, dal punto di vista igienico-sanitario, dovuti a questo sfruttamento dei liquami. Prova ne sia il fatto che non vi è nessun divieto alla utilizzazione delle acque luride in siffatta guisa. E questo è un punto di fondamentale importanza di cui si dovrà tenere il debito conto nell'ulteriore sviluppo dello studio.

Più sopra si è detto che *teoricamente* lo smaltimento dei fecali dovrebbe avvenire con il metodo descritto. In pratica, però, solo una parte dei proprietari di stabili della Città, non si sa se la parte mag-

giore o minore, ricorre alle imprese di vuotatura dei pozzi neri; un' altra parte, per evitare spese e seccature, ricorre ad altri sistemi più o meno illegali.

Fra questi sono da annoverare: anzitutto l'uso di praticare dei fori nella parte alta della vasca statica, per i quali fuoriesce, da un certo livello in poi, il liquame appena sedimentato che si diffonde nel terreno circostante all'abitazione o nel sottosuolo stradale; quindi l'accorgimento, usato da molti, di immettere il liquame che fuoriesce dai fori, a mezzo di condotture, nella fognatura bianca della Città che, come si è detto, non è adatta allo scopo; da ultimo è pure molto frequente l'abitudine di fertilizzare, con i liquami dei pozzi-neri, gli orti ed i giardini siti nell'interno dell'abitato, contigui all'abitazione da cui provengono i rifiuti. Per questa pratica si usa la vuotatura a mano delle vasche ed il liquame si sparge direttamente sulle parcelle o sulle aiuole.

Queste, per sommi capi, le condizioni attuali dello smaltimento dei fecali nella Città di Pisa. Per lo smaltimento delle acque luride provenienti dai bagni e dalle cucine domestiche si ritiene che vengano utilizzate le reti della fognatura bianca. Non si hanno, però, al riguardo, notizie sicure.

Comunque, da quanto si è riferito risulta ben chiara la necessità di un provvedimento atto a rimuovere un tale stato di cose, anche se esso dovesse importare al Comune un non lieve sacrificio finanziario.

*
* *

2 – CRITERI INFORMATORI DEL PROGETTO.

I criteri che hanno guidato costantemente la redazione del presente progetto sono stati principalmente informati i principi seguenti:

1) evitare impianti di depurazione troppo dispendiosi dei quali, notoriamente, il Comune di Pisa non potrebbe sobbarcarsi la spesa;

2) assicurare uno smaltimento dei liquami il quale non dia luogo ad inconvenienti, sia dal punto di vista igienico-sanitario, sia da quello tecnico-agrario.

3) utilizzare i rifiuti cittadini nel modo più economico, più conveniente e più consono ai fini delle locali esigenze agricole.

Per quanto è esposto sopra si è creduto opportuno ricorrere alla depurazione dei liquami mediante campi di spandimento, come al metodo che consente una depurazione ottima, economica e priva di pericoli. Ci si è però voluti accertare che esistessero, nelle vicinanze della Città, terreni capaci di servire allo scopo, del che si tratterà nel capitolo che segue.

È ormai fuori luogo fare dei confronti fra i vari sistemi di depurazione delle acque cloacali dopo che tanto se ne è detto e scritto in Italia ed all'Estero; ci si limita quindi a riportare i criteri, chiaramente esposti da tempo da PEROTTI e da lui stesso riassunti e confermati in un recente scritto [46], i quali debbono regolare l'impiego diretto delle acque di rifiuto per l'irrigazione. Essi, fondamentalmente, sono i seguenti:

1) adottare un coefficiente irrigatorio (PEROTTI [38 ÷ 46]) $\frac{\text{area depurante}}{\text{materia depurabile}}$ che consenta una pronta umo-deumificazione nel suolo, in diretto rapporto con le proprietà chimico-fisico-biologiche del suolo stesso.

2) scegliere un sistema di irrigazione il quale permetta di utilizzare i liquami riducendo al minimo i pericoli di indole igienico-sanitaria;

3) assicurarsi che la natura del suolo dia buon affidamento per quanto riguarda la permeabilità all'acqua lurida e la mineralizzazione delle sostanze organiche.

4) scegliere opportunamente le colture da praticare nelle zone irrigue, in modo da evitare, per quanto è possibile, l'irrigazione superficiale di piante destinate specialmente a servire all'alimentazione umana senza cottura.

Tenendo presenti tutte le considerazioni sopra esposte, il presente progetto consterà anzitutto di una parte generale riguardante le quantità di liquame da smaltire, le zone scelte per effettuarne lo spandimento, la composizione e natura dei terreni, la scelta dell'ordinamento colturale dei campi di spandimento; infine di una parte speciale concernente gli impianti di sedimentazione preliminare, separazione del grasso, diluizione e trasporto del liquame ed irrigazione.

* * *

3 – Popolazione servita dagli impianti e liquame da smaltire.

Dalle statistiche si rileva che il numero degli abitanti della Città di Pisa è in continuo aumento. I dati riportati nella Tab. I riferentisi al trentennio 1909–1938, dimostrano che in questo periodo la popolazione globale del Comune è salita da 67.711 a 73.801 abitanti, con un aumento del 9% circa. Facendo le medie per ciascun decennio, nell'intervallo di tempo considerato, si ottiene un aumento medio dell'1%, dal I° al II° dei decenni considerati e del 2,3 % dal II al III decennio, con un aumento medio di circa 1.250 abitanti per decennio.

Le cifre sopra riportate lasciano prevedere, entro un cinquantennio, un aumento che può valutarsi intorno al 10% circa di quella presente, nell'ultimo decennio considerato. La popolazione del Comune di Pisa ammonterà, quindi, fra un cinquantennio, a circa 79 mila abitanti.

Non tutta la popolazione del Comune è però servita dalla rete di fognatura prevista nel progetto BARBETTI ma soltanto, secondo quanto ne riferisce questo Autore [4], il 75% circa. Calcolando quindi la popolazione di cui si dovranno smaltire i rifiuti entro il 1990, si ha una cifra complessiva di 59 mila abitanti.

Nella Tabella II si riportano le popolazioni, calcolate per ciascun quartiere del Comune servito dalla fognatura, al momento in cui il

progetto stesso fu eseguito e dopo un secolo, secondo i criteri seguiti dall'Autore sopra citato. I dati sono anche riassunti per le due zone del Comune rispettivamente in destra ed in sinistra dell'Arno.

TABELLA I – Popolazione esistente nel Comune di Pisa negli anni compresi fra il 1909 ed il 1938

Anno	Abitanti	Anno	Abitanti	Anno	Abitanti
1909	67.711	1919	69.585	1929	74.850
1910	69.765	1920	71.095	1930	75.058
1911	72.532	1921	66.447	1931	71.080
1912	72.616	1922	68.565	1932	69.931
1913	72.721	1923	69.806	1933	70.682
1914	68.160	1924	71.490	1934	70.853
1915	71.023	1925	72.003	1935	74.715
1916	70.077	1926	73.029	1936	72.923
1917	70.987	1927	75.319	1937	76.089
1918	68.916	1928	75.600	1938	73.801
Media	70.451	Media	71.294	Media	72.978

Non sembra quindi errato calcolare la popolazione in destra dell'Arno su una base di 35.000 abitanti e quella in sinistra di 27.000.

La differenza esistente fra le popolazioni così calcolate e quelle considerate dal progetto di fognatura derivano dal diverso carattere dei due scopi per i quali esse sono calcolate: la rete di fognatura, costosa e destinata a servire per un tempo lunghissimo, deve naturalmente essere progettata con larghissimo margine; i campi di spandimento e tutti gli impianti annessi, di durata e costo relativamente limitati non richiedono margini altrettanto larghi.

Infatti, i campi di spandimento possono aumentarsi di estensione in qualsiasi momento mentre i macchinari e gli impianti accessori,

TABELLA II – Popolazione di ciascuna zona servita dalla fognatura

N.	ZONA	Al momento della progettazione	Dopo un secolo
	Destra dell'Arno		
1	S. Francesco	9.300	10.000
2	S. Maria	11.000	12.000
3	S. Michele	5.200	6.000
4	S. Michele – Porta a Lucca (1)	1.000	5.000
5	V. Bonanno (1)	1.000	4.000
6	Barbaricina (1)	3.500	5.500
	Totale destra	31.000	42.500
	Sinistra dell'Arno		
7	S. Antonio	5.200	6.000
8	S. Martino	4.600	5.000
9	S. Marco	8.000	10.000
10	S. Giusto (1)	2.100	14.500
11	S. Giovanni al Gatano (1)	4.100	7.000
	Totale sinistra	24.000	42.500
	Totale abitanti	55.000	85.000

oltrechè essere calcolati con una certa larghezza per far fronte a qualsiasi evenienza, dovranno di quando in quando essere rinnovati perchè soggetti ad usura.

(1) Zona di ampliamento.

*
* *

Passando a considerare la quantità di liquame da smaltire non è possibile partire dal consumo attuale di acqua che risulterebbe, nel decennio 1929–38, il seguente:

Anno	Acqua pompata m^3	Acqua distribuita ai privati m^3
1929	1.635.410	1.133.623
1930	1.709.380	1.109.373
1931	1.880.400	1.164.140
1932	1.887.068	1.203.696
1933	2.052.710	1.300.681
1934	2.141.910	1.269.517
1935	2.283.150	1.530.263
1936	2.466.550	1.548.872
1937	2.745.985	1.660.242
1938	2.472.260	1.642.823
Media	2.128.482	1.356.323

La differenza fra l'acqua pompata e quella distribuita rappresenta il quantitativo erogato dalle fontane pubbliche e quello di cui il Comune usufruisce per servizi vari. Comunque, si ritiene opportuno prendere in considerazione l'acqua effettivamente erogata dall'acquedotto che darebbe nel decennio m^3 2.128.482 ed una erogazione giornaliera di m^3 6.000 circa. Questa, riportata ad abitante/giorno dà un consumo medio di litri/abitante al giorno 82. Questo quantitativo, bassissimo, è però notevolmente influenzato dall'attuale sistema di smaltimento delle acque luride.

D'accordo con BARBETTI, che ha esaminato la questione nei rapporti dei calcoli delle fogne, si può ritenere che questo quanti-

tativo sia da prevedere in litri/abitante al giorno 200 allorchè entri in funzione il sistema di fognatura previsto dal progetto.

Calcolando, quindi, la quantità di liquame da smaltire, sulla base di 200 litri per abitante e per giorno e su una popolazione di 62.000 abitanti, si ha un quantitativo di liquame, medio, di circa m^3/giorno 12.400 di cui m^3/giorno 7.000 per l'impianto in destra dell'Arno e m^3/giorno 5.400 per l'impianto in sinistra.

Quanto si è detto riguarda portate medie, continue, teoriche; in pratica, però, è da prevedere nei mesi estivi un aumento di circa il 30% sulla media mentre nei mesi invernali si può calcolare un minimo pari al 60% circa della portata media.

Quindi, in estate, il quantitativo di liquame da smaltire avrà un massimo di 16.100 metri cubi al giorno complessivi ed in inverno un minimo di m^3/giorno 7.500.

Ripartendo tali portate di liquame nei due impianti, nelle proporzioni sopra riferite, si ha, per l'impianto in destra dell'Arno, m^3/giorno 9.100 e per l'impianto in sinistra m^3/giorno 7.000; nella stagione invernale queste portate scenderebbero rispettivamente a m^3/giorno 4.200 e 3.300.

Passando a considerare le variazioni tra il giorno e la notte nella portata delle fogne, e supponendo, con BARBETTI, una portata massima diurna pari al 175% della media ed una portata minima notturna pari al 30% della stessa, si avrebbe nel periodo estivo la massima giornaliera di m^3/giorno 28.175 di cui 15.925 in destra e 12.250 in sinistra. Passando a considerare le portate minime notturne della stagione invernale si ha un valore complessivo di m^3/giorno 2250 di cui 1260 in destra e 990 in sinistra del fiume.

Riportando in l/sec le portate sopra indicate si ottengono i valori espressi nella Tabella III.

Su questi dati, quindi, si debbono basare tutti i calcoli di cui ai capitoli seguenti. Per ora basterà di aver fissate le portate massime e minime di ciascun impianto.

TABELLA III – Portate medie e massime delle fognature della Città di Pisa.

		Complessiva l/sec.	Destra Arno l/sec.	Sinistra Arno l/sec.
ESTATE	Diurna (massima assoluta)	**326**	**184**	**142**
	Media	186	105	81
	Notturna (minima estiva)	56	32	24
INVERNO	Diurna (massima invernale)	152	85	67
	Media	87	49	38
	Notturna (minima assoluta)	*26*	*15*	*11*
	Media annua	144	81	63

Dette portate non collimano perfettamente con quelle calcolate da BARBETTI nel suo progetto, per qualche divario nei criteri di valutazione; secondo i calcoli sopra riportati, infatti, si avrebbe una maggior portata (massima) nell'impianto di destra di l/sec. 34 (circa 20%) su quella di l/sec. 150 calcolata da BARBETTI, ed una maggior portata massima complessiva di l/sec. 26 (circa 9%).

* * *

4 – SCELTA DELLE ZONE DA DESTINARSI A CAMPI DI SPANDIMENTO E STUDIO FISICO-CHIMICO DEI TERRENI.

Prima di decidere circa il metodo di depurazione da scegliersi per i liquami della Città di Pisa si è voluto indagare se nei dintorni della Città stessa esistessero zone adatte alla trasformazione in campi di spandimento.

Dall'esame dei risultati di analisi fisico-chimiche di alcuni terreni dei dintorni della Città eseguite da ROGAI [53] e da un sopraluogo eseguito nelle zone situate alla periferia di Pisa risultò che, fra le altre, si potevano ritenere adatte allo scopo due zone: una a destra dell'Arno, situata fra questo, il fosso della Vicinaia ed il canale demaniale di Riprafatta; l'altra, a sinistra dell'Arno, a cavallo della via Emilia, nel tratto fra le località Spedaletto e Arnaccio.

Queste zone, che si indicheranno d'ora in avanti come "zona destra„ e "zona sinistra„, figurano nelle Tav. I e II.

Una volta stabilite approssimativamente le zone che potevano ritenersi idonee allo spandimento dei liquami si eseguì il prelevamento dei campioni di terreno e si procedette all'analisi fisico-chimica sommaria.

Le determinazioni eseguite ed i metodi relativi, che si riportano, perchè, talvolta, leggermente modificati rispetto a quelli in uso nei Laboratori di Chimica agraria, furono i seguenti:

acqua igroscopica: per perdita di peso a 110° C;

calcare: determinato con il calcimetro DE ASTIS;

materia organica: per combustione in muffola e ripristino dei carbonati;

materiale sabbiforme: determinato per essiccamento in stufa a 110° C. del residuo della levigazione [1] con apparecchio Appiani con carico di cm. 30 e tempo di levigazione di 30 minuti primi (velocità di caduta = 0,2 mm/sec.);

materiale argilliforme: determinato per differenza dal precedente;

scheletro: per pesata del residuo, lavato ed essiccato a 110° C., della stacciatura del campione attraverso staccio a maglie di un millimetro;

terra fine: per differenza dal precedente.

---

[1] La levigazione fu eseguita su terra previamente bollita per 10' in acqua distillata.

Gli ultimi quattro dati furono corretti per riferirli ad 1 kg. di terra essiccata a 110° C., invece di esprimerli per 1 kg. di terra essiccata all'aria, non essendo costante il valore del dato relativo all'umidità igroscopica.

La determinazione del pH si eseguì con metodo colorimetrico, con i reattivi della serie di CLARCK, sul filtrato proveniente da un miscuglio di una parte in peso di terra ed una di acqua distillata, dopo un contatto di 12 ore.

Nella Tabella IV si riportano i valori trovati all'analisi eseguita su 43 campioni di terra prelevati nella zona destra.

Nella Tabella V si riportano, invece i valori trovati da ROGAI [53] su 9 campioni di terreno (numerati progressivamente da 51 a 59) della stessa zona e sui campioni (60 e 61) della fascia pedecollinare immediatamente a ridosso della zona stessa, analizzati da ROGAI e ZWEIFEL [54].

Nella Tabella VI figurano i valori ricavati dalle analisi di 30 campioni di terreno della zona sinistra e nella Tabella VII quelli di 30 campioni di terreno della stessa zona, analizzati da ROGAI.

I campioni sono numerati progressivamente: da 1 a 43, per la zona destra, quelli di cui si è eseguita l'analisi; da 51 a 62 quelli della stessa zona analizzati da ROGAI e da ROGAI e ZWEIFEL; da 101 a 130, per la zona sinistra, quelli analizzati direttamente e da 151 a 175 quelli di cui si riportano le analisi di ROGAI.

Le analisi di ROGAI e di ROGAI e ZWEIFEL sono complete di determinazioni chimiche.

Nelle Tavole I e II sono segnati con un triangolo i punti in cui furono prelevati i campioni dagli AA. suddetti e con un cerchio quelli di cui si è eseguita l'analisi direttamente.

Nella Tav. III – V e VII sono riportate le caratteristiche fisico-chimiche fondamentali dei terreni della zona destra; nella Tav. IV-VI e VIII quelle della zona sinistra.

Nella Tabella VIII, infine, si riportano: i valori trovati nell'ana-

lisi fisico-chimica di un campione di terreno argilloso proveniente dalla zona di Volterra (Pisa) (argilla azzurra), incolto; di un campione di terreno argilloso della stessa provenienza ma coltivato; di un terreno sabbiosissimo e molto permeabile del litorale di Cecina (Livorno), coltivato ad ortaggi; di un campione di sabbia silicea di Tripalle (Pisa).

Lo scopo di queste analisi era quello di verificare la composizione dei materiali che servirono di confronto per altre prove di cui si passa a riferire.

Altre ricerche furono eseguite sui campioni di terra, volte a stabilire il grado di permeabilità e di capillarità del suolo donde i campioni provenivano.

Per le prove di permeabilità si usò l'apparecchio di WASSENSCHAFF, caricandone i tubi con uno strato di terra, passata allo staccio dopo essiccamento all'aria, dell'altezza di mm. 100 e facendo percolare l'acqua per 24 ore con un carico iniziale di m. 1 sul fondo del tubo.

Le letture dell'abbassamento del pelo liquido si facevano dopo 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 8 – 10 – 12 – 24 ore dall'inizio del funzionamento dell'apparecchio.

Nella Tabella IX si riportano i valori ottenuti per i terreni in destra dell'Arno e nella Tabella X quelli per i terreni in sinistra delll'Arno e per quelli di Volterra, Cecina, Tripalle e per un campione di sabbia d'Arno e per due prove ulteriori con il campione N. 12 eseguite per verificare la costanza dei risultati ottenuti con l'apparecchio di WASSENSCHAFF.

Queste prove e quelle di capillarità di cui si riferisce di seguito non furono eseguite per i campioni esaminati da ROGAI e da ROGAI e ZWEIFEL.

Nelle Tav. IX e X figurano, suddivise per categorie, le permeabilità dei terreni dei vari punti della zona destra e di quella sinistra.

Per le prove capillarità si usò, come per le precedenti, l'apparecchio di WASSENSCHAFF caricato con mm. 700 di terra, passata allo staccio

di 1 mm. dopo essiccamento all'aria, ed immergendo i tubi per circa 15 mm. nell'acqua della vaschetta di fondo.

Come per la permeabilità, anche per la capillarità si eseguirono prove sui campioni di Volterra, Cecina, Tripalle e sulla sabbia d'Arno e si controllò la costanza dei risultati con una doppia prova sul campione N. 117.

I risultati di queste prove figurano nella Tabella XII dopo quelli della "zona sinistra" mentre nella tabella XI si riportano quelli relativi alla "zona destra".

Sia per la permeabilità che per le capillarità i valori delle prove in triplo rispettivamente sui campioni N. 12 e N. 117 risultarono molto vicini, tali da far ritenere il metodo sufficentemente esatto ai fini dello studio che ci si proponeva.

Resta da chiarire quali siano in realtà i rapporti che legano le prove di Laboratorio con l'apparecchio di WASSENCHAFF alla permeabilità e capillarità dei terreni in posto.

Comunque, data la molteplicità delle cause (lavorazioni, colture, cure colturali, concimazioni ecc.) che influiscono su queste caratteristiche del terreno, non si è mai sicuri, qualunque metodo si adotti, di mettersi nelle condizioni medie, normali, del terreno.

Esposte tutte le ricerche praticate sui vari campioni di terreno e riferitine i risultati, resta da discutere i risultati stessi, cioè da esaminarli attentamente per giudicare sulla più o meno spiccata capacità dei terreni ad essere utilizzati come campi di spandimento. Compito arduo, non esistendo norme fissate dalla teoria o dalla pratica, che possano guidare nel giudizio. Comunque, si cercherà di orientare l'indagine, basandola sulle tre principali caratteristiche dei terreni: contenuto in materiale sabbiforme, permeabilità e capillarità.

Per facilitare il compito, si incomincia con il mettere a raffronto i valori delle tre determinazioni per i terreni di ciascuna zona, ordinandoli secondo il contenuto di materiali argilliformi, nelle Tabelle XIII e XIV rispettivamente per la zona destra e sinistra. Per la permeabilità

si riportano i valori trovati alla 12ª ora mancando molti dati della 24ª ora perchè esaurita l'acqua; per la capillarità si riportano i dati della 24ª ora.

Da quanto si è finora esposto appare che i terreni della zona destra sono in genere molto ricchi di materiali sabbiformi il cui contenuto medio si aggira sul 61% circa; poco meno ricchi ne risultato quelli della zona sinistra i quali ne contengono in media il 57%.

Nonostante questa lieve diversità di contenuto in materiali sabbiformi, nella media si riscontrano differenze notevoli nella permeabilità e nella capillarità dei terreni delle due zone.

Questo fatto, messo a confronto con quello risultante dall'esame del contenuto in materiali sabbiformi, permeabilità e capillarità dei campioni, il quale dimostra che non sempre vi è diretto rapporto fra i tre fenomeni, sta a dimostrare che non è tanto l'abbondanza di argilla che influisce sulla permeabilità e sulla capillarità dei terreni quanto lo stato fisico dell'argilla stessa. Il fatto, del resto, è già noto nelle sue linee fondamentali.

Comunque, sta di fatto che per la permeabilità si è trovato, per la zona destra, un valore massimo di 851 ed un minimo di 162, alla 12ª ora. Per un terreno fortemente argilloso (Volterra, incolto) si è trovato, invece, un valore di 172.

Nella zona di sinistra il contenuto medio di sabbia e la permeabilità, nel complesso, in tutta la zona esaminata, risultano piuttosto basse. Essendo, però, questa zona, molto più estesa di quella presumibilmente necessaria allo spandimento, si è avuto modo di scegliere la parte più adatta allo scopo, trascurando tutto il resto. Per questo si è scelta la parte nord della superficie esplorata con l'analisi dei terreni.

Sulla precisa delimitazione delle aree da adibire a campi di spandimento si ritornerà dopo che si saranno stabilite le superfici necessarie, in base ai calcoli che si passa ad esporre.

TABELLA IV – Analisi fisico-chimica dei terreni della zona destra

N. progressivo	Data	Comune	Località	Coltura	Acqua ‰	Calcare ‰	Mater. organ. ‰	Levigazione: Materiale sabbiforme ‰	Levigazione: Materiale argilliforme ‰	Scheletro ‰	Terra fina ‰	pH
1	13-2-39	Bagni S. Giuliano	Vil. Spazzavento	Frumento	13,7	64,0	52,2	698,20	301,80	0,00	1000,00	7,0
2	„	„	Casa Chericoni	Erbaio	28,1	33,8	77,9	657,01	342,99	0,00	1000,00	7,0
3	„	„	Colognola	Frumento	14,7	32,0	45,9	739,12	260,88	0,00	1000,00	7,0
4	„	„	„	Medica	32,2	27,8	80,2	437,99	562,01	0,00	1000,00	7,2
5	„	„	Scuole Ghezzano	Frumento	23,8	100,0	60,1	694,68	305,32	18,85	981,15	7,2
6	„	„	Fonte Carrai	„	27,7	61,0	69,1	504,23	495,77	19,11	980,89	7,1
7	„	„	Podere Figuretta	„	55,7	110,0	64,5	527,17	472,83	15,33	984,67	7,2
8	„	„	„	„	28,4	33,8	47,0	430,54	569,46	7,59	992,41	7,1
9	„	„	Torre Tizzoni	Medica	25,5	36,2	39,5	497,61	503,39	0,00	1000,00	7,1
10	22-2-39	„	Casa Palla	Frumento	37,1	58,0	69,8	483,51	516,49	0,00	1000,00	7,1
11	„	„	„	„	39,3	53,8	66,8	416,32	583,68	7,77	992,23	7,1
12	„	„	„	„	35,9	13,2	62,7	860,71	139,29	17,65	982,35	6,9
13	„	„	Carraia	„	23,0	135,0	73,2	720,20	279,80	37,87	962,13	7,3
14	„	„	Parr. Ghezzano	Rape	11,1	7,8	16,0	889,05	110,95	0,00	1000,00	70,
15	„	„	„	Erbaio	19,2	48,8	32,8	804,68	195,32	18,97	981,03	7,3
16	„	„	Ghezzano	Frumento	23,1	508,0	77,3	499,51	500,49	71,16	928,84	7,1
17	„	„	Scuole Ghezzano	Erbaio	46,7	78,0	64,8	950,58	49,42	11,91	988,09	7,1
18	„	„	Ghezzano	Medica	26,1	367,0	77,2	512,48	487,52	16,51	983,49	7,1
19	„	„	„	Incolto	23,8	140,6	66,6	598,33	401,67	75,78	924,22	7,2
20	„	„	Mezzana	Frumento	23,1	66,0	39,1	768,62	231,28	35,11	964,89	7,3
21	„	„	„	„	27,9	36,2	36,8	793,36	206,64	12,90	987,10	7,4

Segue TABELLA IV

N. Progressivo	Data	Comune	Località	Coltura	Acqua ‰	Calcare ‰	Mater. organ. ‰	Levigazione Materiale sabbiforme ‰	Levigazione Materiale argilliforme ‰	% Scheletro ‰	Terra fina ‰	pH
22	22-2-39	B. S. Giuliano	Campo	Incolto	34,3	114,8	52,8	607,24	392,76	10,63	983,37	7,4
23	"	"	"	Medica	39,9	298,0	48,6	529,67	470,33	33,60	966,40	7,4
24	"	"	Villa Dominici	"	37,1	105,0	62,2	532,71	476,29	150,78	849,22	7,4
25	"	"	"	Erbaio	39,3	238,0	59,4	491,92	508,08	36,46	963,54	7,4
26	"	"	Fosso Vicinaia	Frumento	21,5	30,0	54,5	716,51	283,49	0,00	1000,00	7,2
27	"	"	"	"	30,0	34,0	96,5	617,06	382,94	0,00	1000,00	7,4
28	"	"	"	Carciofaia	32,6	132,0	34,4	486,30	513,70	23,80	976,20	7,4
29	"	"	"	Insalata	24,5	60,0	82,1	735,34	264,66	0,00	1000,00	7,4
30	"	"	"	Frumento	40,2	20,0	57,6	481,99	518,01	0,00	1000,00	7,4
31	"	"	"	"	22,0	38,0	35,2	765,89	234,11	19,02	980,98	7,4
32	"	"	"	"	37,2	34,0	36,8	503,64	496,36	5,47	994,53	7,4
33	"	"	Colognola	Rape	27,2	32,0	47,4	671,39	328,61	0,00	1000,00	7,4
34	"	"	Scuole Ghezzano	Erbaio	20,5	52,0	39,1	729,92	270,08	5,24	994,76	7,4
35	"	"	Colognola	Frumento	19,4	33,8	39,5	816,92	183,08	43,00	957,00	7,5
36	"	"	Fonte Carrai	"	34,0	47,8	59,0	516,59	483,41	6,07	993,93	7,4
37	"	"	Fosso Vicinaia	"	47,0	65,6	73,6	464,14	535,86	8,10	991,90	7,3
38	"	"	"	Rape	39,7	8,0	109,1	497,71	502,29	0,00	1000,00	7,2
39	"	"	"	Frumento	45,8	12,0	118,7	444,67	555,33	12,30	987,70	7,3
40	"	"	Cascina Vanni	"	24,6	35,0	17,6	533,22	466,78	0,00	1000,00	7,3
41	"	"	"	"	26,5	64,0	56,8	544,23	455,77	0,00	1000,00	7,3
42	"	"	La Cala	"	40,4	18,0	70,7	491,25	508,75	6,57	993,43	7,3
43	"	"	Fabbrica Tessuti	"	38,6	12,0	68,4	493,38	506,62	9,36	990,64	7,3

TABELLA V -- Analisi fisico-chimica dei terreni della zona destra (da ROGAI e da ROGAI e ZWEIFEL)

Numero progressivo	Numero di prelevamento	Data	Comune	Località	Coltura	Acqua ‰	Calcare ‰	Materia organ. ‰	Levigazione: Materiale sabbiforme ‰	Levigazione: Materiale argilliforme ‰	Soluz. acquosa: Estratto ‰	Soluz. acquosa: SO_3 ‰	Soluz. acquosa: Cl ‰	P_2O_5 solubile in Ac. citrico al 2‰	P_2O_5 solubile in HCl conc. ‰	Azoto totale ‰	Scheletro ‰	Terra fina ‰
51	527	2-7-1933	Pisa	Ex Barr. Calces.	Prato	34,29	118,72	82,11	577,69	422,31	0,40	tr.	0,027	0,17	1,28	1,26		
52	528	„	„	Fabbrica Tessuti	Frumento	33,00	62,75	76,34	480,73	519,27	0,38	„	0,035	0,13	1,48	1,45		
53	529	„	„	Casa Legnaia	„	25,49	50,88	60,42	673,42	326,58	0,39	„	0,027	0,20	1,64	1,45		
54	530	„	Bagni S. Giuliano	Casa Cerrai	Granturco	24,38	78,02	26,26	707,16	292,84	0,33	„	0,027	0,21	1,59	1,25		
55	531	„	„	Scuole Ghezzano	Erbaio	13,48	461,31	94,12	690,50	309,50	1,03	0,210	0,027	0,60	1,89	1,82		
56	532	„	„	Colognola	Frumento	24,78	110,24	77,84	536,06	463,94	0,45	tr.	0,035	0,16	1,89	1,68		
57	533	„	„	Mezzana	„	13,71	203,52	88,30	722,16	277,84	0,57	„	0,027	0,41	1,89	1,40		
58	534	„	„	Villa Spazzavento	Erbaio	16,79	176,38	86,47	634,20	365,80	0,65	„	0,142	0,23	1,70	1,46		
59	535	„	„	Fosso Vicinaia	Barbabiet.	33,57	76,32	56,63	707,76	292,24	0,37	„	0,018	0,26	1,80	1,54		
60	4	„	„	Nocione	Olivo	19,80	13,64	37,68	687,00	313,00	1,73	0,061	0,064	0,114	1,35	2,52	450	550
61	8	„	Calci	Val di Vico	„	25,00	14,55	66,88	647,20	352,80	0,80	0,048	0,091	0,118	1,14	4,20	400	600

TABELLA VI – Analisi fisico-chimica dei terreni della zona sinistra

N. Progres.	Data	Comune	Località	Coltura	Acqua ‰	Calcare ‰	Materia organica ‰	Levigazione: Materiale sabbiforme ‰	Levigazione: Materiale argilliforme ‰	Scheletro ‰	Terra fina ‰	pH
101	22/2/1939	Pisa	Croce al Marmo	Incolto	38,2	74,40	78,0	394,58	605,42	13,37	986,63	7,4
102	"	"	"	"	43,4	41,20	82,4	397,01	602,99	6,36	993,64	7,3
103	"	"	"	"	49,1	43,20	94,0	349,13	650,87	0,00	996,46	7,3
104	"	Cascina	Ponte Arpiglio	"	56,0	41,20	83,0	304,10	695,90	10,18	989,82	7,3
105	"	"	"	Frumento	59,1	39,20	81,9	299,56	700,44	0,00	1000,00	7,3
106	"	"	Osteria Arnaccio	"	59,7	37,20	93,0	328,06	671,94	0,00	1000,00	7,3
107	"	"	Via del Nugolaio	"	42,3	35,20	93,2	327,72	672,28	12,58	987,42	7,3
108	"	"	"	"	40,6	356,00	99,4	332,19	667,81	38,71	961,29	7,4
109	"	"	"	"	39,5	91,80	86,3	400,58	599,42	12,92	987,08	7,3
110	"	"	"	Incolto	40,7	46,60	68,5	547,47	453,53	0,00	1000,00	7,3
111	"	"	Fosso Nugolaio	"	31,6	133,20	93,3	371,78	628,22	37,17	962,63	7,2
112	"	"	"	Frumento	40,0	84,80	84,6	323,03	676,97	0,00	1000,00	7,4
113	"	"	"	"	59,7	61,00	80,5	241,38	758,62	0,00	1000,00	7,4
114	"	Pisa	Le Rene	"	22,8	122,20	67,0	631,81	368,19	15,52	984,48	7,4
115	"	"	"	Erbaio	27,8	154,20	85,3	530,35	469,65	73,43	926,57	7,4
116	"	"	Il Casone	Frumento	26,0	76,40	55,1	701,34	297,66	14,50	985,50	7,3
117	"	"	Le Rene	"	19,6	62,80	48,2	699,19	300,81	0,00	1000,00	7,3
118	"	"	Podere Garzella	Erbaio	30,4	60,80	68,5	523,34	476,66	101,83	898,17	7,3
119	"	"	"	Rape	55,4	25,60	35,7	343,14	656,86	0,00	1000,00	7,3
120	"	"	Casa Gambini	Cavoli	19,5	57,20	57,0	554,82	445,18	8,52	991,48	7,3
121	"	"	Podere Callestro	Incolto	37,7	62,80	81,2	553,06	446,94	0,00	1000,00	7,3
122	"	"	Prati Montacchiello	Prato	59,4	33,40	152,9	476,82	523,18	0,00	1000,00	7,3
123	"	"	Prati Campodolmo	Frumento	49,0	21,60	96,6	372,23	627,77	0,00	1000,00	7,3
124	14/7/1939	"	Le Rene	Barbabiet.	18,7	132,00	39,0	672,99	327,01	0,00	1000,00	7,2
125	"	"	Ospedaletto	Frumento	18,0	170,00	65,7	685,93	314,07	0,00	1000,00	7,2
126	"	"	Putignano	"	35,4	274,00	58,1	712,99	287,01	32,38	967,62	7,3
127	"	"	Castronaia	"	22,0	180,00	57,8	796,76	203,24	15,17	984,30	7,3
128	"	"	Oratoio	Granturco	14,2	161,0	49,5	844,59	155,41	6,20	993,80	7,3
129	"	"	"	Fagiuoli	14,6	141,0	68,6	796,98	203,02	13,61	986,39	7,3
130	"	"	"	Granturco	11,4	169,4	69,3	794,12	205,88	34,22	965,79	7,2

TABELLA VII – Analisi fisico-chimica dei terreni della zona sinistra (da ROGAI).

N. progres.	Numero di prelevamento	Data	Comune	Località	Coltura	Acqua ‰	Calcare ‰	Materia organica ‰	Levigazione: Materiale sabbiforme ‰	Levigazione: Materiale argillioforme ‰	Soluzione acquosa: Estratto ‰	Soluzione acquosa: SO_3 ‰	Soluzione acquosa: Cl ‰	Soluzione acquosa: P_2O_5 solubile in acido citrico al 2% ‰	Soluzione acquosa: P_2O_5 solubile in acido cloridrico conc. ‰	Azoto totale ‰	pH
151	453	13-4-1933	Pisa	Ospedaletto	Frumento	14,28	85,68	37,94	782,48	217,52	0,75	tr.	0,035	0,26	2,51	1,82	7,1
152	454	10-6-1933	„	„	Granturco	12,26	53,68	33,52	836,52	163,48	0,97	„	0,106	0,41	2,61	1,48	7,0
153	455	„	„	Ponte Caligi	„	15,23	61,32	41,32	798,60	201,40	0,79	„	0,044	0,21	2,61	1,82	7,0
154	16	27-5-1931	„	Gargalona	„	14,43	22,13	50,42	727,60	272,40	1,18	0,36	0,160	0,27	2,05	1,46	7,1
155	457	10-6-1933	„	Croce al Marmo	Frumento	16,62	665,28	45,28	588,02	411,98	0,80	0,08	0,053	0,20	1,43	1,12	7,1
156	458	„	Cascina	Ponte Arpiglio	„	49,95	55,12	69,95	432,30	567,70	0,87	0,11	0,142	0,10	2,40	1,54	7,1
157	15	27-5-1931	„	„	Prato	47,89	51,07	20,38	543,29	456,71	1,47	0,24	0,053	0,23	2,50	3,50	7,2
158	14	„	„	Osteria Arnaccio	„	44,55	76,61	99,95	507,53	492,47	1,62	0,20	0,283	0,14	2,10	1,96	7,2
159	13	„	„	S. Lor. Pagnatico	Granturco	25,28	68,10	80,12	634,65	365,35	1,64	0,33	0,265	0,29	2,20	2,07	7,2
160	12	„	„	S. Giorgio	„	21,68	45,96	50,16	737,96	262,04	1,11	0,27	0,053	0,24	2,61	1,10	7,2
161	474	10-6-1933	„	„	Fagiuoli	13,06	127,20	37,27	568,09	431,91	1,91	tr.	0,071	1,02	2,50	3,92	7,6
162	471	„	„	Fra Fossa vecchia e Nugolaio	Vigneto	11,22	117,02	29,53	516,36	483,64	0,98	„	0,035	0,26	1,75	1,54	7,4
163	19	3-6-1933	„	Titignano	Ortaggio	19,87	56,18	56,92	691,19	308,81	0,97	0,34	0,035	0,26	4,25	1,46	7,1
164	5	27-5-1931	„	Visignano	Granturco	28,68	51,07	66,53	574,66	425,34	1,19	0,19	0,053	0,37	1,64	1,51	7,2
165	470	10-6-1933	„	Fossa Vecchia	Fagiuoli	23,86	43,25	51,10	635,75	364,25	0,74	tr.	0,044	0,48	2,25	1,96	7,2
166	459	„	„	Fosso Titignano	Frumento	44,77	57,66	84,78	531,53	468,47	0,86	„	0,053	0,13	2,71	2,02	7,0
167	466	„	„	Casa Pucciarelli	Vigneto	17,16	33,92	46,92	778,25	221,75	1,28	0,10	0,106	0,40	1,90	2,13	7,4
168	462	„	„	Casa Roncucci	Frumento	20,06	48,35	41,70	688,27	311,73	0,89	tr.	0,071	0,34	2,00	1,83	7,0
169	463	„	„	Titignano	„	11,92	39,01	27,30	618,65	183,35	0,54	„	0,035	0,18	1,48	1,54	7,0
170	461	„	„	Fosso Titignano	„	30,24	98,50	85,02	548,36	451,64	0,77	0,09	0,035	0,30	2,05	1,68	7,0
171	465	„	„	„	„	40,03	59,22	70,32	486,47	513,53	0,68	tr.	0,071	0,14	2,71	1,96	7,1
172	1	27-5-1931	Pisa	Oratoio	Saggina	35,50	68,10	73,16	480,60	519,40	1,04	„	0,142	0,59	2,76	0,90	7,1
173	18	3-6-1931	„	S. Ermete	Granturco	32,58	47,67	85,42	474,40	525,60	1,85	0,31	0,389	0,27	4,66	1,96	7,2
174	452	10-6-1933	„	Fra S. Marco e S. Ermete	Zucche	19,81	168,00	45,78	640,13	359,87	1,07	0,11	0,071	0,50	2,66	2,66	7,1
175	451	„	„	„	Frumento	32,67	33,18	65,28	587,48	412,52	1,04	tr.	0,035	0,28	2,71	2,66	6,9
176	456	„	„	Fosso Oratoio	Avena	28,74	344,44	35,38	508,34	491,66	0,75	„	0,035	0,21	2,15	2,16	7,1
177	464	„	Cascina	Chiesa Titignano	Fagiuoli	19,00	145,86	41,00	705,13	294,87	0,77	„	0,088	0,60	2,25	1,82	7,0
178	165	„	„	Fosso Stecchi	Patate	19,90	80,56	40,29	643,84	356,16	0,91	0,09	0,088	0,26	1,79	2,38	7,0
179	167	„	„	Casa Rossi	Granturco	12,56	51,72	31,72	836,03	163,97	0,59	tr.	0,053	0,21	1,43	1,29	7,4
180	168	„	„	Fosso Marliana	„	19,00	18,65	40,50	712,16	287,84	0,70	„	0,071	0,82	2,36	1,60	7,2
181	469	„	„	Visignano	Fagiuoli	16,49	88,19	34,46	746,64	253,36	1,15	„	0,071	0,92	2,35	1,20	7,1

TABELLA VIII – Analisi di alcuni terreni argillosi e sabbiosi.
(Valori ‰ di terra essiccata a 110° C.)

Località	Data di prelevamento	Colture	Scheletro	Terra	Acqua	Calcare	Materia organica	Levigazione		pH
								Materiali sabbiformi	Materiali argilliformi	
Volterra	24/9/1939	Incolto	—	1000	31,4	154,8	16,0	226,42	773,58	7,4
Volterra	24/3/1936	Frumento	—	1000	31,2	255,0	67,0	358,47	641,53	7,4
Cecina	26/3/1939	Ortaggi	25,74	974,26	7,0	151,0	63,7	961,08	38,92	7,3
Tripalle (sabbia silicea)		—	—	1000	1,7	0,0	0,0	945,08	54,92	6,8

TABELLA IX – Permeabilità dei terreni della zona destra (mm. di colonna d'acqua percolati nell'apparecchio di WASSENSCHAFF)

Ore / N°	1h	2h	3h	4h	6h	8h	10h	12h	24h	Ore / N°	1h	2h	3h	4h	6h	8h	10h	12h	24h
1	45	101	140	177	250	321	386	447	710	23	49	86	124	152	220	280	330	377	584
2	19	38	56	73	107	140	170	202	342	24	43	76	108	133	191	244	290	334	539
3	119	226	323	412	563	683	768	834	—	25	44	76	108	133	186	233	274	311	483
4	34	52	60	72	92	105	119	133	195	26	51	91	132	163	228	285	333	376	556
5	52	97	137	177	250	317	378	427	660	27	73	133	185	235	332	409	477	536	770
6	40	79	114	155	220	289	354	409	688	28	44	82	116	149	214	267	318	364	559
7	30	57	82	111	156	200	241	275	474	29	107	191	260	323	441	530	604	666	870
8	33	62	89	119	168	216	261	300	529	30	53	96	135	172	246	307	362	411	619
9	19	34	49	64	89	116	141	162	289	31	84	154	215	273	384	473	550	614	860
10	21	40	58	78	110	144	175	200	354	32	51	92	128	162	231	285	337	383	587
11	17	29	41	57	80	105	128	150	286	33	61	112	157	200	284	354	413	465	683
12 (1)	127	239	332	432	556	660	744	798	—	34	62	113	161	208	301	379	445	506	764
13	53	99	140	176	255	322	382	428	656	35	140	252	349	434	587	700	784	847	—
14	334	575	726	837	(2)	—	—	—	—	36	41	74	106	137	198	254	304	348	560
15	112	203	284	341	462	555	629	693	—	37	31	59	85	108	156	196	233	265	406
16	52	96	138	170	243	305	358	409	615	38	24	45	65	85	123	155	185	214	344
17	120	223	320	392	536	645	729	790	—	39	38	72	99	128	179	224	266	304	474
18	48	87	124	155	221	280	331	380	589	40	60	115	157	199	277	345	404	456	670
19	51	95	137	170	246	313	372	426	645	41	36	69	94	120	170	214	254	293	470
20	62	114	164	203	288	360	421	475	691	42	42	79	108	138	193	241	285	325	506
21	150	272	385	461	612	720	795	851	—	43	50	95	128	164	228	286	338	384	577
22	45	81	118	145	212	270	319	362	556										

(1) Questo stesso terreno sottoposto a due ulteriori prove per la verifica della constanza dei risultati dette alla 12ª ora mm. 800 e 844 — (2) La colonna liquida è tutta passata dopo 5 ore e 40'.

TABELLA X – Permeabilità dei terreni nella zona sinistra
(mm. di colonna d'acqua percolati nell'apparecchio di Wassenschaff).

N° \ Ore	1h	2h	3h	4h	6h	8h	10h	12h	24h	N° \ Ore	1h	2h	3h	4h	6h	8h	10h	12h	24h
101	71	131	174	219	297	365	424	475	677	120	42	57	103	129	178	221	260	294	457
102	50	96	129	165	232	294	348	396	603	121	45	82	116	147	206	260	317	346	528
103	53	98	132	168	234	295	347	395	580	122	30	47	63	78	106	130	152	172	264
104	43	78	105	133	182	230	272	313	492	123	37	63	86	107	144	176	205	231	354
105	56	102	134	167	225	278	324	364	532	124	40	70	100	130	171	200	223	242	340
106	33	56	77	97	129	156	180	200	288	125	40	51	65	82	115	146	173	197	320
107	58	104	155	196	275	356	420	472	658	126	90	165	210	254	332	378	417	445	580
108	52	95	137	173	240	300	351	401	606	127	100	195	240	290	375	435	480	508	645
109	39	74	106	135	190	237	277	312	474	128	95	170	235	280	370	430	476	505	670
110	53	97	139	176	250	314	369	418	632	129	40	84	106	145	219	268	318	361	555
111	51	93	131	164	230	284	330	373	649	130	90	133	217	285	413	496	570	628	830
112	36	67	97	122	170	212	247	280	433										
113	25	49	72	92	130	162	191	220	340	A	26	42	58	73	102	130	155	179	307
114	56	102	145	180	249	305	351	393	568	B	43	72	118	138	192	241	283	316	476
115	49	85	119	149	204	252	288	321	469	C	(la colon. liquida è passata in 10'4'')								
116	53	98	139	176	249	309	356	397	568	D	780	(la colon. liq. è pass. in 1h e 32'')							
117	80	146	206	257	358	438	501	560	778	E	„ „ „ „ 8'45''								
118	58	101	136	164	218	262	299	331	482	12	165	293	397	487	626	727	799	844	—
119	19	35	48	58	77	93	108	120	184	12	158	279	379	458	584	680	752	800	—

A = Terreno Volterra = *Incolto*
B = „ „ = *Frumento*
C = „ Cecina
D = Sabbia Tripalle
E = „ Arno

TABELLA XI – Capillarità dei terreni della zona destra
(mm. di colonna di terra bagnati nell'apparecchio di WASSENSCHAFF)

N° \ Ore	1h	2h	3h	4h	6h	8h	10h	12h	24h
1	107	150	180	210	240	271	290	310	399
2	58	86	105	124	150	180	196	260	(1)
3	168	225	263	296	345	379	408	432	530
4	82	112	135	155	188	210	230	247	312
5	113	152	180	202	243	270	295	313	402
6	103	141	169	189	224	249	269	283	360
7	76	104	125	144	174	193	214	231	300
8	60	82	101	115	142	159	176	192	241
9	73	99	120	136	166	187	206	224	300
10	70	98	120	137	167	189	209	225	301
11	59	81	99	115	145	164	183	200	272
12	185	241	280	305	369	402	433	460	565
13	127	163	198	215	252	280	306	327	423
14	180	228	263	289	331	355	373	395	470
15	145	184	218	242	280	300	320	340	420
16	85	105	122	140	170	185	200	215	299
17	183	230	266	299	347	380	408	430	530
18	89	112	130	146	178	190	209	225	290
19	105	132	158	180	212	233	255	272	350
20	135	184	220	244	289	330	360	382	481
21	180	238	271	300	342	370	389	405	455
22	95	131	158	180	217	246	270	289	368
23	105	143	171	194	227	255	279	293	369
24	107	141	170	194	229	261	289	307	390
25	88	120	147	165	195	228	249	269	349
26	120	162	196	220	253	295	321	340	425
27	131	178	217	244	290	322	351	371	460
28	85	118	143	163	196	224	248	264	340
29	170	221	260	290	339	379	412	435	540
30	74	102	122	136	161	185	205	222	300
31	150	197	232	259	300	330	357	376	473
32	92	118	145	160	195	218	240	252	315
33	120	156	184	203	238	269	290	309	385
34	132	176	210	236	279	310	336	357	441
35	185	243	282	310	353	387	415	435	519
36	79	100	124	145	177	199	224	241	325
37	59	79	95	110	131	148	170	188	256
38	61	89	108	125	148	166	190	209	279
39	56	80	90	103	132	150	171	191	265
40	80	110	131	150	175	196	220	239	320
41	60	85	101	118	142	163	188	206	285
42	70	94	115	130	156	173	199	212	286
43	64	89	108	123	151	170	193	213	287

(1) Altezza della colonna di terreno mm. 270.

Tabella XII – Capillarità dei terreni della zona sinistra
(mm. di colonna di terra bagnati nell'apparecchio di Wassenschaff)

Ore / N°	1h	2h	3h	4h	6h	8h	10h	12h	24h
101	60	85	100	115	141	157	180	192	271
102	70	88	104	120	152	170	192	207	280
103	50	75	90	102	128	143	165	184	255
104	50	73	88	100	122	138	161	177	246
105	50	62	75	90	111	123	150	166	236
106	40	55	70	84	103	118	136	151	210
107	55	75	90	105	127	145	160	184	250
108	75	100	121	139	168	188	210	228	306
109	58	80	97	112	139	161	181	200	277
110	81	115	135	160	196	224	247	269	356
111	56	80	94	111	140	160	179	200	268
112	37	50	60	69	85	95	108	120	165
113	25	52	64	72	92	110	126	142	192
114	90	122	144	164	202	228	251	270	350
115	70	91	110	126	156	176	194	210	277
116	89	120	143	162	194	226	250	270	350
117	105	140	167	193	230	260	287	310	395
118	70	93	113	130	160	180	198	215	277
119	30	43	50	60	75	95	110	120	169
120	85	110	127	145	177	197	216	235	303
121	55	80	95	105	125	145	170	185	235
122	32	44	55	60	74	86	95	105	134
123	45	61	72	84	102	120	185	150	193
124	110	150	180	202	238	272	290	310	375
125	113	150	180	202	239	273	295	314	390
126	125	170	200	230	265	300	320	335	405
127	155	210	260	290	338	370	398	415	500
128	150	202	240	270	308	340	365	385	460
129	147	196	235	265	306	342	370	390	480
130	162	212	253	282	332	365	390	415	505
A	45	63	75	83	93	107	119	130	184
B	50	70	85	100	120	140	155	170	230
C	175	185	195	196	197	198	200	201	205
D	295	320	332	340	355	359	370	373	400
E	230	240	247	250	251	256	259	260	270
117	110	150	183	204	243	269	300	320	400
117	120	160	200	220	266	295	320	340	410

A = Terreno Volterra = *Incolto*
B = „ „ = *Frumento*
C = „ Cecina
D = Sabbia Tripalle
E = „ Arno

TABELLA XIII – Confronto fra contenuto in materiali sabbiformi, permeabilità (valori 12ª ora) e capillarità dei terreni della zona destra.

Campione N.	Materiale sabbiforme %	Permeabilità	Capillarità	Campione N.	Materiale sabbiforme %	Permeabilità	Capillarità
C	961,08	max.	205	40	533,22	456	320
E		max.	270	24	532,17	334	390
17	950,58	790	530	23	529,67	377	369
D	945,08	max.	400	7	527,17	275	300
14	889,05	(1)	470	36	516,59	348	325
12	860,71	798	565	18	512,48	380	290
35	816,92	847	519	6	504,29	409	360
15	804,68	693	420	32	503,64	383	315
21	793,36	851	455	16	499,51	409	299
20	769,72	475	481	38	497,71	214	279
31	765,89	614	473	9	497,61	162	300
3	739,12	834	530	43	493,38	384	287
29	735,34	666	540	25	491,92	311	349
34	729,92	506	441	42	491,25	325	286
13	720,20	428	423	28	486,30	364	340
26	716,51	376	425	10	483,51	200	301
1	698,20	447	399	30	481,99	411	300
5	694,68	427	402	37	464,14	265	256
33	671,39	465	385	39	444,67	304	265
2	657,01	202	340	4	437,99	195	312
27	617,06	536	460	8	430,54	300	241
22	607,24	362	368	11	416,32	150	272
19	598,33	426	350	B	358,47	316	230
41	544,23	293	285	A	226,42	179	184
				Media	608	440	225

(1) Dopo 5 ore la colonna d'acqua (900 mm.) era percolata.

A = Terreno Volterra = *Incolto*
B = „ „ = *Frumento*
C = Sabbia Tripalle
D = Terreno sabbioso di Cecina
E = „ Arno

TABELLA XIV – Confronto fra contenuto in materiali sabbiformi permeabilità (valori 12ª ora) e capillarità dei terreni della zona sinistra.

Campioni N.	Materiale sabbiforme	Permeabilità	Capillarità
E		max.	270
C	961,08	max.	205
D	945,08	max.	400
128	844,59	505	460
129	796,98	361	480
127	796,76	508	500
130	794,12	628	505
126	712,99	445	405
116	701,34	397	350
117	699,19	560	395
125	685,93	197	390
124	672,99	242	375
114	631,81	393	350
120	554,82	294	303
121	553,06	346	235
110	547,47	418	356
115	530,35	321	277
118	523,34	331	277
122	476,82	172	134
109	400,58	312	277
102	397,01	396	280
101	394,58	475	271
123	372,23	231	193
111	371,78	373	268
A	358,47	316	230
103	349,13	395	255
119	343,14	120	169
108	332,19	401	306
106	328,06	200	210
107	327,72	472	250
112	323,03	280	165
104	304,10	313	246
105	299,58	364	236
113	241,38	220	192
B	226,42	179	184
Media	569,00	355	309

* * *

5 – Valutazione dei materiali contenuti nel liquame.

Lo studio della composizione chimica dei liquami, per quanto riguarda le materie utilizzabili, riveste, per la progettazione di impianti del tipo in esame, una notevolissima importanza in quanto dà l'esatta misura della quantità di materiale concimante od altrimenti recuperabile (grassi) e del loro valore tradotto in moneta.

Disgraziatamente non si è potuto, per le caratteristiche dello smaltimento delle acque luride, prendere in esame nè analizzare alcun campione del liquame di Pisa, non esistendo fognatura nera, come si è già visto.

Bisogna, quindi, procedere alla valutazione del liquame per induzione, partendo dai dati riscontrati da altri Autori in varie città.

Riferendoci ai valori raccolti nella Tabella XV, si può osservare che essi sono alquanto discordi.

Come dati medi, non avendo valori precisi su cui basare i calcoli, si possono assumere i seguenti:

Sostanza secca	Kg. /abitante/anno	45,0
„ minerale	„ „ „	20,0
„ organica	„ „ „	25,0
azoto	„ „ „	5,0
P_2O_5	„ „ „	1,2
K_2O	„ „ „	1,2

Da questi, risalendo al quantitativo globale ricavabile dalla Città di Pisa, si hanno i valori esposti nella Tabella XVI.

Non tutti questi materiali, peraltro, finirebbero sul terreno insieme ai liquami, essendo prevista, nel presente progetto, la sedimentazione preliminare con la quale si utilizzerebbe tutta la parte sedimentabile per la preparazione del concime organico solido.

TABELLA XV – Analisi del liquame di fogna eseguite o dedotte da vari Autori. (valori in Kg./ abitante/ anno)

	Wolff	Perotti	Sierp	Keppner	Ippolito	Antoniani	Imhoff	Friedmann
Sostanza secca		44,6	42,1				47,4	
„ minerale		23,6	13,2				21,9	
„ organica totale		21,0	28,9		25,5		25,5	
„ organica disciolta					9,1			
„ „ sospesa					16,4			
„ „ sedimentabile					10,9			
„ „ non sediment.					5,5			
Azoto totale	4,75	2,8	5,6		6,0	5,0	2,9	2,0
„ sedimentabile				11,4 %				
P_2O_5 totale	1,35	0,72	1,24			1,0	0,66	0,5
„ sedimentabile				25,0 %				
K_2O totale	1,00		1,26			1,5	0,58	1,5
„ sedimentabile				14,3 %				
Grasso		7,3						

TABELLA XVI – Materiali da ritenersi trasportati dai liquami delle fogne di Pisa (Valori in tonnellate/anno)

Materiale	Totale	Impianto destra	Impianto sinistra
Sostanza secca	2800	1580	1220
„ minerale	1240	700	540
„ organica	1560	880	680
Azoto	310	170	140
Anidride fosforica	74	42	32
Ossido di potassio	74	42	32

Questo risulterebbe da tonnellate/anno 1761 di materiali sedimentabili, di cui tonnellate/anno 675 di materie organiche. Nella Tabella XVII sono indicati i quantitativi supposti di ciascun materiale.

TABELLA XVII – Materiali (in tonnellate/anno) contenuti nel concime solido ricavabili dai liquami per sedimentazione

Materiale	Impianto destra	Impianto sinistra	Totale
Sostanza secca	994	767	1761
„ minerale (1)	613	473	1086
„ organica	381	294	675
Azoto	19	16	35
Anidride fosforica	10	8	18
Ossido di potassio	6	5	11
Grasso (2)	87	68	155

(1) Calcolata sulla base ipotetica della sedimentazione dell'80 % circa della sostanza minerale trasportata dai liquami.

(2) Calcolando con PEROTTI [40] che $^1/_3$ del totale sia recuperabile

Resterebbero, invece, nelle acque irrigue, i materiali indicati nella Tabella XVIII.

Valutato il contenuto del concime solido e quello dei liquami al prezzo del mercato dei fertilizzanti nel 1939 e, cioè, a L/ kg 6,32 l'azoto, a L./kg 2, la $P_2 O_5$, a L/kg 2,40 il $K_2 O$ a L/kg 0,05 la sostanza organica ed a L kg. 0,50 il grasso, ne derivano i valori esposti nella Tabella XIX.

L'ammontare annuo complessivo è da valutare in L. 2 milioni e mezzo circa.

TABELLA XVIII – Composizione delle acque irrigue dopo la sedimentazione preliminare (media annua).

Materiali	Tonnellate/anno			mg/litro (gr/ m^3)
	Impianto destra	Impianto sinistra	Totale	
Sostanza secca	586	453	1039	229,5
„ minerale	87	67	154	34,2
„ organica	499	386	885	195,3
Azoto	151	124	275	60,7
Anidride fosforica	32	24	56	12,3
Ossido di potassio	36	27	63	14,0
Grasso	168	130	298	66,0

* * *

6 – PRELEVAMENTO, TRASPORTO E TRATTAMENTI PREVENTIVI DEI LIQUAMI.

Il presente progetto prevede le seguenti operazioni preliminari sui liquami provenienti dalla fognatura cittadina:

A – aspirazione, a mezzo di centrifughe, da pozzi di raccolta posti allo sbocco dei collettori;

B – sollevamento del liquido, in condotte forzate, fino al punto più alto della zona di spandimento;

C – separazione del grasso e sedimentazione preliminare.

I prodotti di quest'ultima operazione seguono due diverse vie: le sabbie ed i fanghi passano ai letti di essiccamento; il liquame sedimentato, invece, passa direttamente ai campi di spandimento.

Premesso questo, si espongono i criteri ed i calcoli ritenuti indispensabili per la progettazione dei singoli impianti.

A – *Prelevamento dei liquami agli sbocchi dei collettori.* Il collettore destro ha la quota del suo asse, allo sbocco, a m. 2,11 sotto

TABELLA XIX – Valore commerciale dei materiali trasportati dalle acque di fogna di Pisa (1)

	Complessivo		Concime solido						Liquame sedimentato					
			Imp. destra		Totale		Imp. sinistra		Imp. destra		Imp. sinistra		Totale	
	Tonn. anno	L. anno	Tonn. anno	L. anno	Tonn. anno	L. anno	Tonn. anno	L. anno	Tonn. anno	L. anno	Tonn. anno	L. anno	Tonn. anno	L. anno
Azoto	310	1.959.200	19	120.080	16	101.120	35	221.200	151	954.370	124	783.680	275	1.738.000
P_2O_5	74	148.000	10	20.000	8	16.000	18	36.000	32	64.000	24	48.000	56	112.000
K_2O	74	177.600	6	14.400	5	12.000	11	26.400	36	86.400	27	64.800	63	151.200
Sost. organica	1560	78.000	381	19.050	294	14.700	675	33.750	499	24.950	386	19.300	885	44.250
Grassi	155	77.500	87	43.500	78	39.000	155	77.500	—	—	—	—	—	—
TOTALE L.		2.440.300		217.030		182.820		394.850		1.129.670		915.780		2.044.450

(1) Valori riferiti ai prezzi medi dell'anno 1939

il livello del mare, nel progetto di fognatura elaborato da BARBETTI. Non sappiamo con precisione in quale punto della città siano situati gli sbocchi di detti collettori, non avendo potuto prendere visione del proggetto sopra menzionato e non avendone pubblicato l'Autore altro che sommarie notizie.

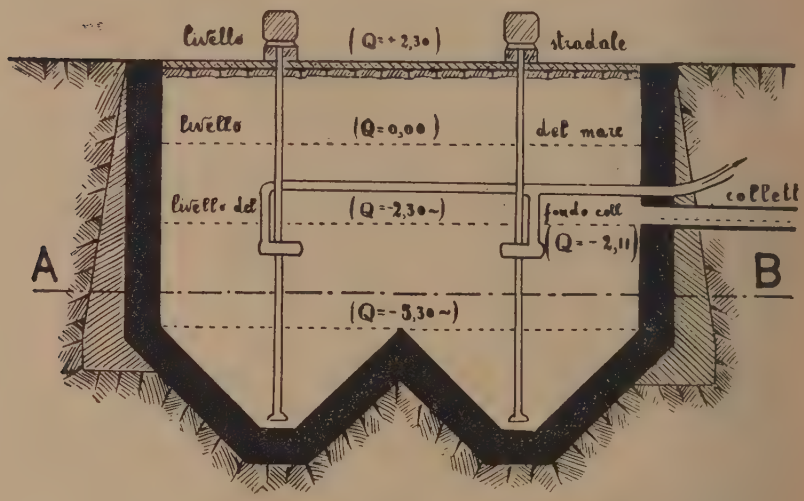


FIG. 1 – Sezione verticale della vasca di raccolta dei liquami (impianto di destra).
A - B = piano della sezione orizzontale.
(Scala: V. sezione orizzontale, in fig. 2).

Si suppone però, ai fini del presente progetto di massima, che lo sbocco del collettore di destra sia situato nei pressi di Porta a Lucca e quello del collettore di sinistra nei pressi del bivio ferroviario per le linee Pisa-Firenze e Pisa-Collesalvetti.

Il collettore porterà i liquami in una vasca a sezione quadrata, con fondo a tramoggia multipla, quale è rappresentata schematicamente per l'impianto di destra nelle Figg. 1 e 2 e che brevemente si illustrano.

Premessa la necessità di portare il liquame da smaltire sui campi di spandimento prima che si inizi la putrefazione del materiale organico, non si è creduto di dare alla vasca delle pompe, un'ampiezza tale da aversi notevole invaso dei liquami in arrivo. Questi debbono

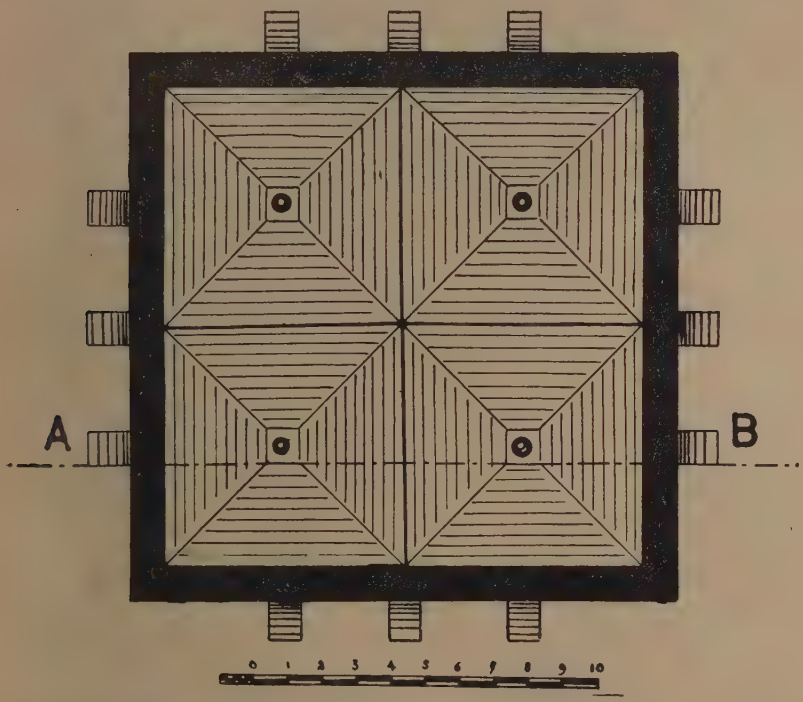


Fig. 2 - Sezione orizzontale della vasca di raccolta dei liquami (impianto di destra)
A. B. = piano della sezione verticale

essere smaltiti immediatamente. Non ritenendo, d'altronde sia per ragioni igieniche che tecniche ed economiche, di procedere alla prima digrossatura dei liquami nelle immediate vicinanze della città, si è ritenuto opportuno di progettare vasche con fondo a tramoggia, con

prelevamento del materiale nella parte più profonda, in modo da smaltire con sicurezza e con celerità le parti più grossolane trasportate dai liquami.

Per tutte queste ragioni si è creduto di dover modificare questa parte del progetto BARBETTI nel quale era contemplato un sistema di vasche multiple, di grande capacità, atte alla sedimentazione dei liquami.

La capacità utile della vasca per l'impianto di destra è di m^3 600 il che equivale all'invaso del liquame che giunge in un ora, circa, nei periodi di massima portata assoluta del collettore, in due ore, circa, nei periodi di portata media ed in undici ore in quelli di minima assoluta, non calcolando l'eventuale invaso nei collettori.

A questi dati dovranno essere correlazionati gli impianti di sollevamento, nonchè le misure di precauzione per gli impianti generatori di energia di riserva, per garantire il perfetto smaltimento ove non si voglia ricorrere a vasche di maggiori dimensioni.

Il fondo della vasca è diviso in quattro parti, ciascuna a tronco di piramide rovescia, per evitare, adottando un fondo unito, necessità di dover approfondire troppo la vasca stessa, specialmente tenendo conto della surpeficialità della falda freatica della zona.

In ciascuna delle quattro tramoggie pesca il tubo di aspirazione di una centrifuga.

Per la zona sinistra la vasca delle pompe sarà del tutto simile a quella progettata per l'impianto di destra.

B – *Sollevamento e trasporto dei liquami.* Il materiale deve essere pompato dalle vasche di raccolta precedentemente descritte, a mezzo di gruppi elettro-centrifughi, spinto in condotture forzate e trasportato fino al punto altimetricamente più elevato. Per la zona destra il punto prescelto per la sedimentazione e le altre operazioni preliminari è situato a sud dell'abitato di Mezzana; quello di sinistra, invece, fra Ospedaletto e Putignano, nella località denominata "Castronaia„.

La distanza fra le vasche di raccolta e i punti predetti è di m. 5500 per la zona di destra e di m. 2400 circa per la zona di sinistra; la condottura prevista è in cemento amianto.

Nei punti destinati alla prima lavorazione dei liquami tutti gli impianti saranno costituiti in rilevato in modo da eliminare ogni ulteriore sollevamento.

Nella zona destra l'asse della condottura, allo sbocco è a quota + 8,17, come rilevasi dallo schema della Tav. XII in cui sono rappressentate le vasche di sedimentazione preliminare.

Per la zona destra, quindi, il dislivello totale varia da un minimo di m. 10,36 ad un massimo di m. 13,38 a seconda che si pompi il liquame al livello massimo o minimo della vasca delle pompe; il dislivello medio può ritenersi di m. 12 ove si voglia lasciare continuamente un franco di m. 2 nella vasca stessa, per evitare rigurgito troppo prolungato delle fogne in caso di mancato funzionamento dei gruppi elettro-centrifughi.

Per la zona di sinistra, essendo prevista da BARBETTI la quota - 1,85 per l'asse del collettore principale al suo sbocco, essendo d'altra parte la quota del terreno di circa m. 3 sul livello del mare e, all'incirca, le stesse che per la zona di destra le dimensioni delle vasche di sedimentazione, il dislivello tra il pelo liquido nella vasca delle pompe e l'asse della condotta forzata allo sbocco ha un minimo di m. 7,81 a vasca piena, un massimo di m.10,81 a vasca vuota; il dislivello medio, con un franco di m. 2 alla vasca, può ritenersi di m. 9,81.

Prima di procedere al calcolo delle pompe è bene eseguire il calcolo delle condotte forzate per introdurre nel primo anche la quota piezometrica finale determinata mediante la perdita di carico che si ha lungo le tubature.

Le tubature, come si è detto, sono previste in cemento-amianto. Non si hanno formule specifiche le quali diano la perdita di carico di condotte destinate al trasporto dei liquami di fogna; però, trattandosi

di materiali meno fluidi dell'acqua si ritiene che possa, con buona approssimazione, adottarsi la formula di DARCY per tubi usati:

$$J = \beta' \frac{Q^2}{D^5}$$

donde, per $\beta' = 2\,\beta$ e per

$$\beta = 0{,}00164 + \frac{0{,}000042}{D}$$

si ricava

$$J = 2\left(0{,}00164 + \frac{0{,}000042}{D}\right)\frac{Q^2}{D^5}.$$

Questa formula dà risultati notoriamente troppo elevati, nel caso di acque limpide, in condotte metalliche, specie per diametri > m. 0,2; adottandola per acque luride e per tubi in cemento-amianto è da ritenere che dia risultati attendibili.

Nella tabella XX si riportano le perdite di carico calcolate con la formula di DARCY a coefficiente raddoppiato per tubi del diametro da

TABELLA XX - Impianto di destra: perdite di carico e velocità nelle condotte forzate.

Diam. mm.	Condotta semplice				Condotta binata		
	perdita di carico		velocità m./sec.		perdita di carico		velocità
	unitaria m/Km.	compless. m.	max.	min.	unitaria m/Km.	compless. m.	max. m./sec.
350	*25,23*	*138,76*	*19,2*	1,6	*0,70*	*31,35*	*9,6*
400	*11,58*	*63,19*	*14,6*	1,2	2,89	15,90	7,3
450	*6,37*	*35,03*	*11,6*	0,94	1,59	8,75	5,8
500	3,75	20,62	9,4	0,77	0,94	5,17	4,7
550	2,32	12,76	7,8	0,64	0,57	3,13	3,9
600	*1,49*	*8,19*	*6,4*	*0,53*	*0,37*	*2,03*	*3,2*
650	*0,99*	*5,44*	*5,6*	*0,45*	*0,25*	*1,37*	*2,8*

mm. 350 a 650, per condotte costituite da un tubo unico o da due tubi accoppiati, per la portata massima. Si sono anche calcolate le

velocità del liquido nei tubi, semplici e binati, per la portata minima assoluta, (l/sec. 15), media invernale (l/sec. 49), massima (l/sec. 184), per l'impianto considerato.

Esaminando i dati surriferiti dal punto di vista della velocità, sopratutto della minima, si osserva che solo nelle condotte del diametro di mm. 600 e mm. 650 questa si abbassa fino verso un limite minimo non consigliabile per il pericolo di sedimenti. Questi due diametri sono quindi da scartare.

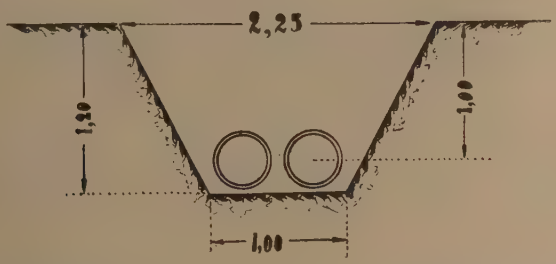


Fig. 3 – Sezione dello scavo per la posa di una condotta binata (scala 1:50).

Nei riguardi delle perdite di carico, soprattutto complessive, sono senz'altro da scartare il diametro minimo considerato (mm. 350) per condotta semplice e binata e quelli di mm. 400 e mm. 450 per condotta semplice, avendosi, con questi, perdite di carico da ritenersi eccessive. La scelta va fatta, quindi, fra i diametri di mm. 500 a 550 per il caso in cui si voglia adottare la condotta semplice e mm. 400 a 550 per la condotta binata. Non è possibile decidere sulla convenienza ad adottare l'uno o l'altro sistema di condotta senza scendere ad un calcolo analitico del costo della tubatura e della spesa di sollevamento per ciascun diametro, ciò che è inutile fare in questa sede ed in un momento economico come l'attuale in cui le condizioni del mercato sono da ritenersi del tutto eccezionali.

Se si esorbita dal semplice e puro calcolo economico per introdurre nella determinazione della convenienza anche vantaggi e svantaggi di ordine tecnico, è da osservare che la condotta binata offre maggiori garanzie di sicurezza di funzionamento. Infatti, essa permette, ad esempio, di eseguire lavori di manutenzione e di riparazione delle condotte senza richiedere soste pericolose nello smaltimento delle acque luride, ciò che potrebbe giustificare anche una maggiore spesa.

Il sollevamento delle acque cloacali è previsto a mezzo di quattro gruppi di elettro-pompe che per l' impianto in esame hanno le seguenti portate: l./sec. 15–25–50–110. Si ha in tal modo la gamma di portate di l./sec. 15–25–40–50–65–75–90–110–125–135–150–160–175–185–200, la quale permette di smaltire in modo continuo e, giuocando sull'invaso della vasca di presa, anche abbastanza regolare, di tutte le portate in qualsiasi momento; in particolare della minima assoluta (l./sec. 15), della media invernale (l./sec. 49) e della massima assoluta (l./sec. 184) lasciando anche, su questa, un margine di l./sec. 16 per eventuali esigenze di carattere eccezionale.

Per l'impianto di sinistra, le cui portate maggiormente interessanti sono di l./sec. 11 per la minima assoluta, 38 per la media invernale e 142 per la massima assoluta, si sono eseguiti tutti i calcoli come per l'altro impianto.

Le perdite di carico e le velocità massime e minime, per condotte semplici e binate e per tubi del diametro da mm. 300 a mm. 600 sono riportate nella Tab. XXI.

Seguendo gli stessi criteri già esaminati sono da scartare i tubi di diametro superiore a mm. 500 per l'eccessivo abbassamento della velocità minima e quelli di diametro inferiore a mm. 400 (questi solo per la condotta semplice) per la elevata perdita di carico.

La scelta deve cadere, quindi, fra i diametri di mm. 400 e 500 per la condotta semplice e fra mm. 300 e 500 per quella binata.

Anche in questo impianto sono previsti quattro gruppi di elettro - pompe a funzionamento indipendente, delle portate seguenti:

l./sec. 11-22-40-80 che consentono di realizzare la scala di portate di l./sec. 11-22-33-10-51-62-73-80-91-102-113-120-131-142-153, con una eccedenza di portata, sulla massima, di l./sec. 11.

TABELLA XXI - Impianto di sinistra: perdite di carico e velocità nelle condotte forzate.

Diam. mm.	Condotta semplice				Condotta binata		
	perdita di carico		velocità		perdita di carico		velocità
	unitaria m./Km	compless. m.	max. m./sec.	min. m./sec.	unitaria m./Km.	compless. m.	max. m./sec.
300	*29,52*	*70,85*	*20,0*	1,6	7,40	17,76	10,0
350	*13,55*	*32,52*	*14,8*	1,1	3,88	9,31	7,4
400	6,88	16,51	11,3	0,88	2,25	5,40	5,6
450	3,79	9,10	8,9	0,69	0,95	2,28	4,5
500	2,23	5,35	7,2	0,56	0,56	1,40	3,6
550	*1,38*	*3,31*	*6,0*	*0,46*	*0,34*	*0,82*	*3,0*
600	*0,39*	*2,14*	*5,0*	*0,39*	*0,22*	*0,53*	*2,5*

C - *Separazione del grasso e sedimentazione preliminare dei liquami.* Passando all'esame dei trattamenti da praticare ai liquami, si è ritenuto opportuno di prevedere una loro sedimentazione preliminare per separarne la maggior parte delle sostanze sospese e facilmente sedimentabili onde ridurre al minimo la loro sedimentazione, e putrefazione lungo i canali di distribuzione ed il pericolo di saturazione del terreno con sostanza organica grossolana, con conseguente maggiore difficoltà di smaltimento da parte del terreno stesso e di riduzione della sua permeabilità.

Gli impianti per i trattamenti preliminari comprendono: una griglia, una vasca semplice di separazione dei grassi, vasche multiple di sedimentazione, vasche di diluizione ed eventuali letti di essiccamento dei fanghi od altri mezzi per la loro distribuzione ai terreni limitrofi, come concime organico da distribuire allo stato fresco.

I tubi affluenti (Tav. XII, a) scaricano i liquami in un canaletto in muratura allo sbocco del quale trovasi la griglia (Tav. XII, b) per la digrossatura del materiale. La griglia può essere anche del tipo a mano, sottile, con luci di 2 centimetri circa, in modo da eliminare tutti i materiali grossolani.

Dopo il passaggio attraverso la griglia i liquami si scaricano nella vasca di separazione dei grassi (Tav. XII, 1), a pianta rettangolare, in cui una serie di pareti obbligano il liquame a percorrere la vasca in diversi sensi. Ne risulta, in definitiva, un canale a sezione quadrata, del lato di un metro. Al fondo di questa vasca una serie di tubi forellati (Tav. XII, e) raccordati ad un compressore di aria (Tav. XII, d), insufflano aria nei liquami per facilitarne la separazione delle materie grasse.

La profondità massima del separatore è stata fissata in un metro per ottenere una separazione rapida del grasso; la permanenza del liquame nel separatore, che deve essere almeno di 5 minuti primi è stata calcolata in 6' e 20'' circa, con la portata massima degli affluenti (1/sec. 184) ed in 24' circa, con la portata minima. In base a questi dati di partenza si è calcolata la capacità del separatore che è risultata di m^3 70.

Infatti:

$$1.\ 70.000 : 1/\text{sec.}\ 184 = 380''$$
$$1.\ 70.000 : 1/\text{sec.}\ 49 = 1428''$$

La lunghezza del canale separatore è complessivamente di m. 70 suddivisa in quattro tratti essendo il quinto destinato unicamente a servire da partitore del liquame per il passaggio alle vasche di sedimentazione.

La velocità del liquame nel separatore varia da un minimo di m/sec. 0,49, con la portata minima, ad un massimo di 1,84, intervallo nel quale non si verificano inconvenienti per sedimentazione di

materiali anche nel caso di mancato funzionamento del compressore d'aria.

Comunque, gli scarichi di fondo (Tav. XII, c) del separatore permettono di intervenire con ripuliture periodiche a mezzo di getti d'acqua.

I grassi galleggianti vengono trattenuti fra il quarto ed il quinto compartimento del separatore da un paraschiuma che si affonda nel liquido per circa 40 cm. (Tav. XII, q); a questo, all'imbocco della parte rettilinea del quinto compartimento, segue una paratia (Tav. XII, r) mobile per permettere l' apertura e la vuotatura completa del canale, che si innalza dal fondo per circa 65 cm. in modo da non permettere l'abbassamento del livello del liquido oltre il bordo inferiore del paraschiuma che precede ed il passaggio del grasso alle vasche di sedimentazione, in caso di mancata alimentazione del separatore.

Dal separatore i liquami passano, attraverso le bocche di scarico dell'ultimo compartimento (Tav.XII, s), nelle vasche di sedimentazione. Le bocce di scarico sono costruite al fondo della vasca precedente in modo da permetterne lo svuotamento completo e sono munite di paratoie regolabili per variarne a volontà la portata o chiuderle completamente allorchè si voglia mettere furi uso, momentaneamente, una o più vasche di sedimentazione

Queste sono in numero di quattro , indipendenti l'una dall'altra, costruite per il funzionamento in parallelo. Dette vasche sono del tipo semplice, a triplice tramoggia, a pianta rettangolare.

Il calcolo del volume utile di queste vasche si è eseguito con i seguenti criteri:

1 – che la *velocità del liquido* nella vasca (V) è determinata dalla relazione:

$$V = \frac{Q}{a\ b} \qquad (1)$$

in cui Q è la portata, a l'altezza della vasca e b la larghezza di essa;

2 – che la *velocità minima di sedimentazione* (velocità con la quale cade la più piccola particella che si vuol far sedimentare) (v) è determinata dalla

$$V = \frac{V\,a}{L} \qquad (2)$$

in cui L è la lunghezza della vasca;

Da queste relazioni, quindi, stabilito che con la portata massima della fogna dovessero sedimentare particelle la cui velocità di caduta corrispondesse ad mm/sec. 1 circa, si sono calcolate le dimensioni delle vasche sapendo che:

$$\frac{Q}{b} = a\,V \qquad (3)$$

e siccome

$$a\,V = v\,L \qquad (4)$$

sostituendo si ha

$$\frac{Q}{b} = v\,L \qquad (5)$$

da cui

$$\frac{Q}{v} = b\,L \qquad (6)$$

Dalla (6), quindi, sapendo che per l'impianto di destra $Q = \frac{0,184}{4}$ m^3 sec. (1/4 della portata massima essendo quattro le vasche), $v = 0,001$ m/sec. il valore di b L risulta pari a 46.

Fissando in 1 : 3 il rapporto fra la larghezza (b) e la lunghezza (L) dalla vasca, essendosi stabilito di costruire il fondo a triplice tramoggia a pianta quadrata, ne deriva una larghezza di m. 3,92 circa, che per semplificare si porta a m. 4 e una lunghezza di m. 12.

Per stabilire l'altezza delle vasche occorre tener presente che la durata del processo, deve essere di circa un'ora per assicurare una buona sedimentazione.

Ne consegue che l'altezza deve essere tale da consentire l'invaso

della portata massima durante un'ora, essendo la sezione orizzontale di m^2 12 x 4 = 48.

Il volume di liquido che giunge ad una vasca (supposte in funzione tutte e quattro le vasche), con la portata massima, in un'ora è di m^3 165,6; essendo l'area della sezione orizzontale di m^2 48 ne deriva un'altezza di m. 3,45. Tale è l'altezza assegnata alle vasche dell'impianto di destra (Tav. XII).

La velocità del liquido nella vasca, determinata con la (1) risulta di m/sec. 0,0033.

Con la portata minima di l/sec. 49 (media invernale) limitando il lavoro a due sole vasche, i dati sopra riferiti diventano:

$$v = 0{,}0005 \qquad V = 0{,}002.$$

La permanenza massima del liquame nelle vasche di sedimentazione (portata minima, 2 vasche) è di circa due ore. Alle vasche di sedimentazione ed a quella di separazione del grasso è assegnato un franco di m. 0,40.

Dalle vasche di sedimentazione il liquame passa alla vasca di diluizione mediante sfioratori o, come è indicato nella Tav. XII (*i*), mediante tubi ad afflusso regolabile. In questa si scarica un tubo il quale porta acqua limpida che può provenire dall'Arno se vi è portata disponibile, mediante sifone, o dalla falda freatica sottostante o, nella peggiore delle ipotesi, dal fosso della Vicinaia il quale a quell'altezza ha, secondo RICCI-BUSATTI [51], una portata continua di l/sec. 150, aumentabile fino a 650 ove si invertisse il corso del fosso del Monte, che attualmente scorre in contropendenza sboccando nel fosso della Vicinaia alla "Figuretta". Con i lavori proposti il vecchio fosso potrebbe riversarsi in quello della Vicinaia subito a valle del ponte della via d'Agnano, ad un chilometro dall'impianto. La diluizione delle acque defluenti dalle vasche di sedimentazione è, quindi, possibile in ogni modo; vedremo più avanti in qual misura si ritenga opportuno diluirle.

Ripetendo i calcoli per l'impianto di sinistra, per quanto riguarda

il separatore di grasso e le vasche di sedimentazione, si hanno i i valori che si riportano di seguito, assumendo come portata massima quella massima estiva (l/sec. 142) e come minima quella media invernale (l/sec. 38).

Il separatore di grasso, identico come configurazione a quello dell'impianto di destra, deve avere un volume di m^3 42,6 per assicurare la permanenza minima dei liquami di 5 minuti primi con la portata massima; con questo volume la permanenza della portata minima è di circa 19 minuti primi; assegnando al separatore una sezione trasversale quadrata di m. 0,90 di lato ne deriva una lunghezza di m. 53.

Le vasche di sedimentazione possono limitarsi a tre, essendo minore che nell'impianto di destra la portata massima, e le caratteristiche di ciascuna possono essere identiche a quelle descritte per l'altro impianto poichè la portata massima da ripartirsi in ciascuna risulta di l/sec. $\frac{142}{3} = 47$ mentre nell'impianto descritto era di $\frac{184}{4} = 1$/sec. 46. Sostanzialmente, quindi, nulla da mutare specialmente ove si tenga presente che nell'impianto di destra la superficie libera del liquido nelle vasche era stata aumentata, per semplificare i calcoli, da m^2 46,09 a 48, cioè di 2/46 circa.

I calcoli, di conseguenza, sono altrettanto esatti per l' impianto di sinistra che per quello di destra.

La portata minima di questo impianto potrebbe essere sedimentata con buoni risultati anche mediante una sola vasca essendo detta portata inferiore ad $^1/_3$ di quella massima.

La diluizione dei liquami chiarificati, in questo impianto, può farsi o pompando acqua dall'Arno, oppure dai fossi più vicini all'impianto di sedimentazione (fosso Caligi e fosso di S. Ermete) semprechè uno dei tre corsi d'acqua abbia portate sufficienti.

Non consta che esistano notizie sulle portate dei due fossi sopra citati.

* * *

7 – IRRIGAZIONE CON I LIQUAMI CHIARIFICATI ED UTILIZZAZIONE DEI FANGHI.

Dai trattamenti preliminari dei liquami si ottengono, come si è visto, due diverse categorie di materiali: la parte liquida e quella semi-solida (fanghi). Quest'ultima può essere utilizzata allo stato fresco interrandola in zone vicine a quella di spandimento specialmente come correttivo dei terreni eccessivamente compatti ed argillosi ai quali, in un secondo tempo, potrebbe estendersi l'irrigazione per concedere un periodo di riposo ai campi di spandimento.

Non volendo procedere alla distribuzione del materiale fresco si potrebbero costruire letti di essiccamento dei fanghi per facilitarne il trasporto il quale, contenendo i fanghi dall'80 al 90% di acqua, richiederebbe carri a perfetta tenuta ed attrezzatura adatta.

Meglio che i letti di essiccamento si presterebbero, forse metodi di prosciugamento parziale per centrifugazione e per compressione.

Non si ritiene opportuno ricorrere alla digestione separata dei fanghi la quale necessiterebbe di ulteriori impianti di mole e spesa notevole (vasche di digestione separata). Il costo di tali vasche, adottando come media una spesa di L./abitante 8 circa, dedotta dalla media dei progetti di Salerno, Catania, e Portici, ammonterebbe a L. 250.000 per l'impianto di destra ed a L. 200.000 per quello di sinistra.

Con la digestione separata, inoltre, si verrebbe a perdere una notevole quantità di sostanza organica, ciò che si vuole evitare per quanto è possibile.

I liquami chiarificati si conducono nelle varie parti della zona di spandimento a mezzo di canali in terra.

Nella zona destra il canale principale costeggia l'Arno, come è indicato nella Tav. I, dall'impianto di sedimentazione fino alla località "Carraia„.

Il dislivello fra il punto estremo del canale (quota m. 3,23) e la quota di partenza (quota m. 6,67 alla sommità della vasca di diluizione) è di m. 3,44, su una lunghezza di m. 3210, il che equivale ad una pendenza media (i) di 0,001072.

Assegnando alle sponde del canale una scarpa di 2:3, essendo il terreno piuttosto sabbioso, e fissando le dimensioni di:

larghezza al fondo	(L)	m. 0,41
„ media	(Lm)	„ 1,10
„ massima	(Ls)	„ 1,79
altezza del pelo liquido		„ 0,46

quali sono indicate nella Fig. 4 ne deriva una sezione (A) di m² 0,506.

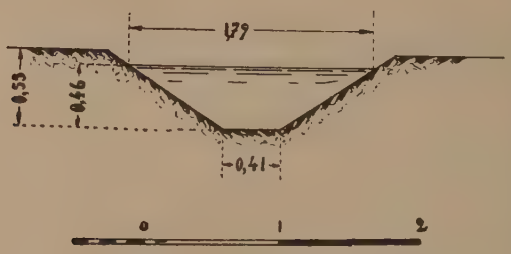


Fig. 4 – Sezione del canale principale (zona destra)

Il contorno bagnato (C) della sezione è di m. 2,07 ed il raggio medio (R) di:

$$R = \frac{A}{C} = \text{m. } 0{,}24$$

La velocità media (V) del liquido nel canale, calcolata con la formula di BAZIN:

$$V = \chi \sqrt{Ri} = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \sqrt{Ri}$$

assumendo per γ il valore 1,30 (categoria 5ª, canali in terra) risulta:

$$V = \frac{87}{1 + \frac{1,30}{\sqrt{0,24}}} \sqrt{0,24\ (0,001072)} = \text{m/sec. } 0,38.$$

Essendo detta velocità compresa fra m/sec. 0,30 e 0,50 non dovrebbe dar luogo a sedimenti né a corrosioni del fondo e delle pareti del canale.

Il canale è in gran parte in rilevato, secondo il profilo della Fig. 5; è da notare, però, che il profilo è stato costruito assumendo come quote della zona sotto l'argine quelle disponibili, tutte lontane dall'argine stesso. Molto probabilmente, quindi, si possono trovare sotto l'argine punti nei quali le quote consentono, se non di portare tutto il canale in scavo, almeno di ridurne la parte in rilevato.

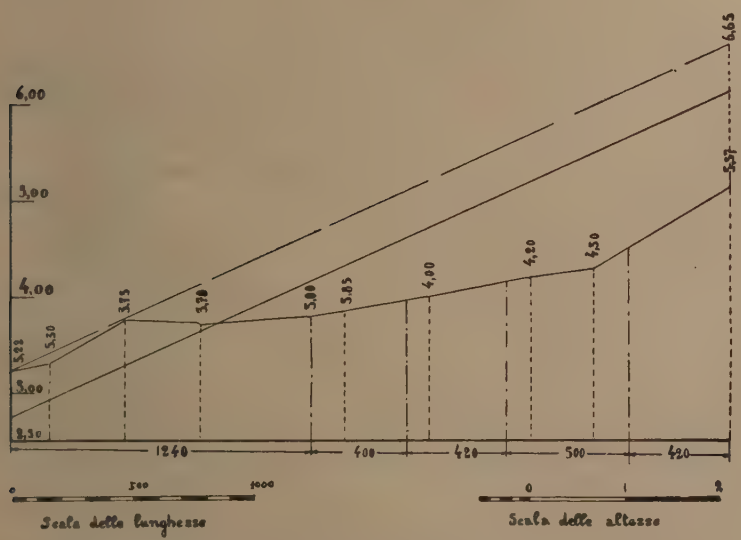


Fig. 5 – Profilo del canale principale d'irrigazione (zona destra)

Per la zona sinistra è previsto un sistema di canalizzazione tale, che, partendo dall'impianto di sedimentazione alla Castronaia e sfruttando l'andamento altimetrico della zona di spandimento, un canale principale va verso Sud, si dirama in due tratti collaterali al fosso Caligi (il quale viene in parte modificato nel suo corso superiore in cui, essendo all'inizio ha una portata minima) e quindi distribuisce il liquame a canali secondari e questi, a loro volta ai canaletti distributori.

Le dimesioni da assegnare ai canali sono all'incirca le stesse ricordate per la zona di destra.

La planimetria dei canali è rappresentata nella Tav. II.

* * *

8 – Modalità di utilizzazione del liquami e superficie dei campi di spandimento.

È nostra opinione che gl'insuccessi che si sono avuti nella utilizzazione diretta delle acque di rifiuto urbane per l' irrigazione hanno avuto la loro origine in errori di calcolo, meglio di valutazione, di quello che PEROTTI definisce *coefficente irrigatorio*.

Non è stata, cioè, ben commisurata la quantità di liquame da smaltire, attraveso un ettaro di terreno, a quella che è la possibilità, non immediata ma futura, di smaltimento propria del suolo.

Se, infatti, si consulta la bibliografia sull' argomento si trova che raramente si sono attuati impianti di spandimento in cui su un ettaro si depurassero i liquami di meno di 200 abitanti.

La conseguenza di questi due fatti è stata quella che logicamente doveva essere: che, cioè, dopo un più o meno lungo periodo di tempo i campi di spandimento sono divenuti inadatti alla loro funzione depuratrice poichè la permeabilità si è talmente ridotta da non consentire la filtrazione dei liquami.

Inoltre, il terreno si è saturato di sostanza organica che si è an-

nualmente accumulata in quanto l' apporto di essa superava la capacità di combustione, di umo-deumificazione, del suolo.

Un ultimo fatto è da tener presente: che la mancanza di periodi di sosta nell' irrigazione portava, nei vecchi impianti, ad un processo di umo-deumificazione della sostanza organica prevalentemente anaerobico essendo pressochè nullo il contatto del terreno con l' ossigeno atmosferico per la continua presenza dell' acqua d' irrigazione sulla superficie del suolo e per l' abbondante umidità di cui il terreno stesso era costantemente fornito.

Tenendo presenti queste cause d' insuccesso che hanno costretto molte città europee a sostituire i campi di spandimento dei cloacali con costosi impianti di depurazione biologica, si è studiato un piano organico di utilizzazione dei liquami di fogna della Città di Pisa il quale eliminasse gli inconvenienti sopra ricordati.

Questo si basa essenzialmente su tre elementi:

I – distribuzione dei liquami di fogna previamente privati del grasso, sedimentati e diluiti, per evitare di accumulare troppa sostanza organica nel suolo, in uno stato di facile sedimentazione e tale da ridurre facilmente le permeabilità;

II – assegnazione dei liquami ai vari appezzamenti in ragione di almeno un ettaro per ogni 100 abitanti serviti da ciascun impianto;

III – adozione di un ordinamento colturale tale da permettere lunghi periodi di sosta nell' irrigazione dei singoli appezzamenti, in modo da alternare il processo anaerobico di umo-deumificazione con quello aerobico.

I provvedimenti e gli impianti atti a realizzare la prima di queste condizioni sono stati sufficientemente illustrati nei precedenti capitoli. Quanto al secondo punto è da osservare che per l' impianto di destra si è scelto un appezzamento, segnato entro due tratteggiate nella Tav. I, della superficie di ha. 680 complessivi, sul quale vanno distribuiti i liquami corrispondenti ad una popolazione attuale di abitanti 31.000 e ad una popolazione futura di abitanti 35.000; per l'im-

pianto di sinistra la superficie dei campi di spandimento, compresa entro la linea tratteggiata nella tav. II, è di ha 440, aumentabili fino ad ha 500 ed oltre con opportune deviazioni e rettifiche del fosso di Titignano e con altri accorgimenti del genere, per servire ad una popolazione attuate di abitanti 24,000 ed a una popolazione futura di 27,000. Ciascuna zona è suscettibile di aumento di superficie qualora l' aumento di popolazione o particolari necessità lo consiglino.

Le superfici sopra indicate consentono, come facilmente scorgesi, di irrigare con i liquami di ciascuna zona la metà delle zone di spandimento, in ragione di 100 abitanti/ettaro.

Ne deriva la possibilità di alternare un periodo di irrigazione con un periodo uguale di riposo, attuando una rotazione che consenta il regolare avvicendamento di una coltura irrigua con una coltura asciutta.

In definitiva, quindi il carico complessivo in liquami per ettaro di superficie di spandimento verrebbe ad essere quello corrispondente a 50 abitanti continui (100 abitanti per metà rotazione).

Questa larghezza nel calcolo del coefficiente irrigatorio, se porta ad una spesa iniziale di impianto e ad una spesa di esercizio dell'irrigazione superiori a quelle che si sono avute in altri progetti del genere, assicura peraltro, indubbiamente, la perfetta riuscita dell'impresa.

Tale larghezza, d'altronde, è possibile nel caso in esame trattandosi di una Città con una popolazione non rilevante e dovendosi anche progettare, per l'agglomerato urbano, due distinti impianti.

* * *

9 – Scelta del sistema di irrigazione

Teoricamente, tutti i metodi di irrigazione si prestano per l'irrigazione con i cloacali; senonchè all'atto pratico insorgono con ciascun sistema difficoltà che possono essere anche gravi.

Esaminando il problema della scelta del sistema di irrigazione e prendendo in considerazione il sistema per scorrimento e quello per

infiltrazione laterale (si scarta quello a pioggia perchè insorgono per esso difficoltà tecniche dovute al delicato funzionamento dei polverizzatori i quali non si prestano per acque luride), si scorgono facilmente gli inconvenienti che si verificherebbero con ciascuno di essi.

Nella irrigazione per scorrimento si dovrebbe avere un passaggio di acqua uniforme, un velo, su tutta la superficie irrigata; ma se questo si può ottenere in terreni a prato artificiale non lo si può altrettanto bene ottenere in terreni a rotazione, a causa delle frequenti lavorazioni. Ne deriva uno scorrimento dell'acqua sul terreno per rigagnoli i quali porterebbero nei fossetti di raccolta liquami non filtrati attraverso il terreno e, quindi, non sufficientemente depurati e tuttora ricchi di materia organica e di materiali concimati. In definitiva, quindi, scarso rendimento del sistema sia dal lato igienico che economico.

Nelle irrigazioni per infiltrazione laterale gli inconvenienti sopra elencati, invece, vengono ad essere eliminati dal fatto che non è possibile il passaggio diretto del liquame del fossetto di distribuzione a quello di raccolta.

Per questo sistema si può obbiettare che, oltre alla difficoltà che può presentare per la sua applicazione alle colture da prato artificiale, può provocare accumulo della sostanza organica trasportata dai liquami nei punti, meglio nelle striscie, corrispondenti ai fossetti distributori e riduce, inoltre, la superficie filtrante del terreno. L'accumulo di sostanza organica potrebbe danneggiare le colture che seguono a quelle irrigate predisponendole specialmente agli attacchi parassitari ed all'allettamento se trattasi di Cereali.

L'obbiezione cade, peraltro, quando si pensi che i liquami sedimentati trasportano appena il 15-20 % della sostanza organica iniziale e che, nel caso in esame tale sostanza si riduce, come si è visto altrove, ad un quantitativo complessivo che non raggiunge le 900 tonnellate annue mentre la superficie annualmente irrigata ammonta complessivamente a circa 560 ettari.

In media, quindi, circa tonn. 1,6 per ettaro di sostanza organica

che, anche supposta distribuita su un decimo della superficie totale non rappresenta che una frazione delle concimazioni organiche che si eseguono con le letamazioni.

E', quindi, il sistema per infiltrazione laterale quello che va senz'altro preferito per la grande coltura, avendo, se del caso, l'accortezza di cambiare periodicamente la posizione dei fossetti distributori.

Volendo utilizzare, invece, le acque cloacali sedimentate per l'irrigazione di colture ortive, si è d'opione che sia più prudente ricorrere al sistema di irrigazione per infiltrazione sotterranea o subirrigazione con il quale si evita nel modo più assoluto il contatto fra i liquami e le parti della pianta che servono direttamente alla alimentazione umana. In tal modo è assolutamente garantita la riuscita della irrigazione dal lato igienico.

Senonchè, per quanto riguarda questo sistema di irrigazione, che potrebbe essere opportunamente perfezionato con una fognatura i cui elementi fossero intercalati a quelli irrigatori, si pensa che, prima di essere applicato su vasta scala, esso debba essere sottoposto ad un congruo periodo di sperimentazione e di controllo per quanto riguarda la sua applicazione alla irrigazione con acque cloacali.

Si pensa, infatti, che si possano verificare, con la subirrigazione con acque cloacali, due inconvenienti i quali porterebbero entrambi al mancato funzionamento del sistema. Il primo è quello dovuto al fatto che inevitabilmente, qualunque sia il dispositivo adottato per la distribuzione dei liquami, fra i tanti proposti per la subirrigazione, dovrà verificarsi deposito e incrostazioni mucillagginose di sostanza organica nei punti in cui il liquido attraversa il condotto per diffondersi nel terreno e su tutta la superficie dei condotti stessi, fino ad aversi la più o meno completa ostruzione dei meati di passaggio, siano essi fori o giunzioni dei vari elementi.

Il secondo inconveniente è quello che già si verificà nell'uso della subirrigazione con le acque limpide, che, cioè, le radici delle

piante tendono a dirigersi verso i tubi irrigatori ed a penetrare in essi, ostruendoli. Con le acque cloacali l'inconveniente deve essere anche più accentuato in quanto le radici delle piante vengono ad essere attirate verso i condotti non solo dalla presenza dell'acqua ma anche dal maggiore arricchimento in materiali fertilizzanti che si verifica nella zona circostante alle tubature. Inoltre, le radici, penetrate nel condotto, verrebbero ad essere rivestite dalla materia organica che su di esse si deposita aggravando maggiormente il danno.

In definitiva, quindi, il sistema migliore di irrigazione resterebbe sempre quello per infiltrazione laterale.

* * *

10 – ORDINAMENTO COLTURALE DELLE ZONE DI SPANDIMENTO

In una azienda che sfrutta per l'irrigazione le acque cloacali, non meno che nelle altre aziende, ha la massima importanza la scelta dell'ordinamento colturale. Occorre, infatti, sfruttare al massimo sia le riserve di fertilità potenziale del suolo, sia quella massa di elementi di fertilità che si apportano con l'irrigazione, pur non perdendo di vista quelle che sono le condizioni e le possibilità dei mercati.

Troppo è stato ormai scritto su questo argomento perchè valga la pena di soffermarsi e, d'altra parte son note ormai le condizioni dell'agricoltura e, sopratutto, del mercato della pianura pisana. Basterà ricordare che una delle fonti principali della ricchezza della zona è data dalla esportazione di frutta e, forse anche maggiormente, di ortaggi.

Nella scelta dell'ordinamento colturale non va quindi dimenticato di dare a questo elemento la dovuta importanza e considerazione.

Non essendo consigliabile di prevedere l'impianto di frutteti su vasta scala, in una zona di spandimento di acque luride, bisogna naturalmente dare maggiore incremento alla coltivazione di ortaggi su ampie estesioni. Bisognerà, quindi, che l'ordinamento colturale da adottare lasci un abbondante margine alle colture di prodotti da esportazione o almeno ad alcune di esse.

La coltura da rinnovo può essere costituita da Mais, Ricino o Barbabietole da zucchero o da foraggio i quali s possono far precedere dal Cavolo se la rotazione termina con una coltura che lasci libero in tempo il terreno, quale può essere il Frumento.

Il Cavolo, quindi, viene a costituire una coltura intercalare.

Al rinnovo, costituito dalle colture sopra dette, che saranno irrigate, sarà opportuno far seguire una coltura asciutta: il Frumento ed a questo una coltura irrigua. Niente di meglio, quindi, che seminare Trifoglio sul Frumento e lasciarlo l'anno successivo. Quindi, in definitiva, sembra che la rotazione quadriennale sia quanto mai adatta allo scopo. La successione delle colture verrebbe ad essere, date le abitudini e le possibilità della zona, la seguente:

I anno: Rinnovo (Mais, Ricino o Barb. da zucchero o da foraggio)
II „ : Frumento e Trifoglio
III „ : Trifoglio
IV „ : Frumento seguito da Cavolo.

Il Cavolo come coltura intercalare potrebbe essere sostituito da erbaio, qualora si volesse aumentare il carico di bestiame da lavoro o da latte o non convenga, per una qualsiasi ragione, l'altra coltura.

Con questa rotazione si ha il vantaggio di avere una buona superficie a Frumento, che per il nostro Paese ha la massima importanza, un buon raccolto di Mais o di altra coltura a tipo industriale (Ricino, Barbabietola da zucchero) o da foraggio, (Barbabietola da foraggio Trifoglio, od eventualmente anche erbaio intercalare) e la possibilità di alimentare, col Cavolo, il commercio con l'Estero.

La rotazione soprá illustrata potrebbe essere anche sostituita con quelle considerate da TITTA [60] e precisamente:

OTTENNALE

I – Rinnovo
II – Frumento e Trifoglio
III – Trifoglio
IV – Frumento seguito da erbaio
V – Rinnovo
VI – Frumento seguito da erbaio
VII – Erbaio estivo
VIII – Frumento seguito da erbaio

NOVENNALE

I – Rinnovo
II – Frumento seguito da medica (seminata in luglio)
III – Medica
IV – Medica
V – Frumento seguito da erbaio
VI – Rinnovo
VII – Frumento seguito da erbaio
VIII – Erbaio estivo
IX – Frumento seguito da erbaio

di cui la prima non è se non una successione di due quadriennali nella seconda delle quali un erbaio intercalare ed uno estivo sostituiscono il Trifoglio.

Nella rotazione quadriennale sopra considerata potrebbe anche trovar posto molto opportunamente un appezzamento a Medica fuori rotazione.

* * *

11 – AZIONE FERTILIZZANTE DEI LIQUAMI SULLE DIVERSE COLTURE.

Bisogna ora riprendere in esame i quantitativi di liquami e di materiali fertilizzanti e sostanza organica che essi contengono, in base all'ordinamento colturale proposto (rotazione quadriennale classica) ed in base ad una distribuzione di massima dei liquami alle varie colture eseguite come appresso indicato, per vedere quali e quanti materiali si apportino alle singole colture.

La distribuzione di acqua avverrebbe come segue:

Rinnovo : da marzo a metà agosto

Trifoglio : da metà agosto a metà dell'agosto successivo

Erbaio o Cavolo : da metà agosto a febbraio.

Complessivamente, quindi, 165 giorni di irrigazione al rinnovo, 365 giorni al Trifoglio, 200 giorni al Cavolo o erbaio, ogni due anni così che il rinnovo (complessivamente ha 280) verrebbe a fruire dei materiali fertilizzanti apportati dai liquami in 82 giorni, cioè dei 2/9 del complessivo annuo, il trifoglio della metà ed il cavolo od erbaio di 2/7 circa.

Dalla Tabella XVIII si rileva che, complessivamente per i due impianti, i liquami sedimentati trasporterebbero:

sostanza organica	tonn/anno	885
azoto (N)	„ „	275
anidride fosforica (P_2O_5) . . .	„ „	56
potassa (K_2O)	„ „	63

Questi materiali si possono, senza timore di forti errori, ritenere distribuiti uniformemente durante i vari giorni dell'anno, indipendentemente dalle portate dei collettori di fogna.

Ne deriva una portata giornaliera di:

sostanza organica	Kg.	2413
azoto	„	753
fosforo	„	153
potassa	„	173

che distribuiti, per i tempi sopra indicati, alle varie colture, su una estensione di ha 280 per ciascuna coltura darebbero i valori riportati nella Tabella XXII nella quale figurano anche, per l'azoto, il fosforo e la potassa, i corrispondenti valori in q.li/ha rispettivamente di nitrato sodico al 15 % di N, perfosfato minerale, al 15% di P_2O_5 e solfato potassico al 50% di K_2O, e per la sostanza organica in equivalente in letame con un contenuto di sostanza organica del 20%.

Da quanto sopra risulta che la irrigazione cloacali avrebbe il difetto di apportare nel terreno una quantità asagerata di azoto ma è da pensare che una parte piccola di esso sia trasportato dalle acque sotterranee, ciò che più difficilmente avviene per i fosfati e per la potassa mentre una parte notevole non è subito resa assimilabile per le pianta e resta, come caloria, a beneficio della coltura seguente. Eventualmente, se si riscontrassero disturbi alla vegetazione per eccesso di azoto, si potrebbe cercare di equilibrare la concimazione mediante somministrazioni di fosforite e di sali potassici.

TABELLA XXII – Materiali concimanti apportati dai liquami alle varie colture.

Coltura	Sostanza organica		Azoto		Fosforo		Potassa	
	Q.li/ha	pari a letame Q.li/ha	Q.li/ha	pari a nitrato sodico Q.li/ha	Q.li/ha	pari a perfosfato Q.li/ha	Q/li	pari a solfato di K Q.li/ha
Rinnovo	7	35	2,1	14	0,45	3,0	0,51	1,0
Trifoglio	16	80	4,9	33	1,0	6,7	1,13	2,2
Erbaio o cavolo . . .	9	45	2,7	18	0,55	3,7	0,62	1,2

Resta da computare, fra i materiali apportati alle colture dai liquami, il costituente più abbondante di essi: l'acqua.

Le colture di trifoglio verrebbero irrigate con la metà dell'acqua dei liquami, cioè con una media di m^3/giorno 6000 circa su ha 280 e cioè m^3/ha/giorno 20 circa, pari a 1/sec./ha 0,25 come media annuale; cioè 1/sec/ha 0,15 nel periodo invernale e 1/sec/ha 0,33 nel periodo estivo, calcolati con i criteri esposti all'inizio del presente lavoro.

Questi dati, che valgono anche per le colture da rinnovo e per gli erbai, mettono subito in evidenza il fatto che, mentre non è necessaria la diluizione dei liquami nel periodo invernale, a patto che i terreni siano ben sistemati ed i canaletti irrigatori tali da distribuire uniformemente i liquami, la diluizione sarebbe, invece opportuna nel periodo estivo, in misura tale da raggiungere almeno 1/sec/ha 0,6–1 quali si usano normalmente nelle irrigazioni.

Occorrerebbe, quindi per l'impianto di destra una portata disponibile per la diluizione di 1/sec. 0,27x340 a 0,67x340 cioè 1/sec. 92–228 e per l'impianto di sinistra di 1/sec. 0,27x220 a 0,67x220 cioè 1/sec. 59–147.

12 – SULLA CONVENIENZA DELLA ATTUAZIONE DEGLI IMPIANTI PROGETTATI

In un momento economico come quello attuale sarebbe inutile lavoro il calcolare la convenienza economica di un impianto del genere di quello progettato. Inutile perchè non si potrebbero prendere come base del calcolo nè i prezzi ed i costi attuali (assolutamente eccezionali), nè quelli di uno o due decenni precedenti in quanto il decennio 1930-40 include periodi di anormali condizioni di mercato quali il 1935-36, per ragioni ben note, ed il decennio 1920-30 risentiva ancora della fase caotica dell'immediato dopo-guerra.

È da prevedere, invece, che la fine dell'attuale conflitto porterà a condizioni ben diverse da quelle fino ad ora verificatesi.

Ond'è che la convenienza dell'attuazione del progetto si basa, secondo i criteri informatori già altrove esposti, sui tre diversi ordini di fatti seguenti:

I – curare il risanamento igienico della Città;

II – evitare la dispersione di materiali concimanti di parte dei quali il Paese è, almeno fino a questo momento, importatore;

III – aumentare fin dove è tecnicamente possibile (anche se la convenienza strettamente economica si avvicina allo zero) la produzione del suolo.

Questo risponde a due caposaldi della politica del Regime Fascista: *incremento del benessere sociale del Popolo italiano* e *Autarchia*.

Il primo ed il secondo dei tre punti testè considerati non hanno bisogno di altre dimostrazioni, circa la loro convenienza, dopo quanto è stato esposto nella prima parte del lavoro; rimane quindi da discutere il terzo punto.

Non esistono nei riguardi della irrigazione con acque luride, sufficienti dati sperimentali circa gli aumenti di prodotto che si possono ottenere, specialmente ove si pensi a quali e quanti fattori geo-pedolo-

gici, climatici e di varia natura su detti aumenti possono far risentire la loro influenza.

Gli aumenti di produzione conseguibili con la irrigazione con acque cloacali si possono calcolare tenendo conto separatamente degli aumenti conseguibili con la irrigazione con acque limpide ed eseguendo su questi la maggiorazione dovuta al maggior prodotto ottenibile, con la irrigazione con acque cloacali rispetto alla irrigazione con acque limpide. Questi ultimi dati si possono ricavare per il Frumento ed il Granturco dalle esperienze eseguite a Foggia, di cui riferisce IPPOLITO [29].

Circa gli aumenti di prodotto ricavabili da colture irrigue rispetto alle stesse colture asciutte, i dati sperimentali sono moltissimi, specialmente per alcune regioni d'Italia. E' da osservare, peraltro, che vi è fra i dati dei diversi Autori una enorme discordanza, ben spiegabile, peraltro, con i differenti effetti che si possono ottenere da località a località, per ovvie ragioni.

Passando ad esaminare gli aumenti di prodotto riferiti dai diversi Autori, per diverse colture, in varie regioni d'Italia (Veneto, Lombardia, Emilia, Toscana, Puglia), si riportano i detti aumenti calcolati come % in più od in meno ottenuto (od ottenibile se si tratta di semplici previsioni) con la coltura irrigua rispetto alla stessa coltura asciutta.

Frumento; GRINOVERO [25] per il Veneto considera aumenti variabili dal 13 al 50 % (in media 35 %); BANDINI [3], per la Toscana (Prov. di Pisa e Lucca), aumenti dal 28 % all' 84 % (in media 56 %); per le Puglie, VERDESCA [61] ha ottenuto aumento dall'1 al 40 %, CERASINO [10] dell' 8 %, POTENZA [49] del 2 % (media 10 %). A parte la stranezza del fatto che passando dall' Italia Settentrionale e Centrale all'Italia Meridionale si hanno aumenti notevolmente inferiori, non sembra esagerato assumere per la Toscana, anche non volendo attenersi ai risultati di BANDINI, un aumento del 35 % circa. Questo va ancora maggiorato dell'aumento dovuto alla irrigazione con acque

luride che, secondo le esperienze di IPPOLITO [29], varia dal 12 % al 27 %, quindi, in media del 20 %, per colture non concimate. Questo, riportato al prodotto del 135 % che si ha con l' irrigazione dà un aumento del 27 %; in cifra tonda dei 2/3.

Granoturco da granella: GRINOVERO, nel Veneto [25], ha accertato aumenti dell'83 %, 115 % e 124 % (media 107 %) e in Lombardia [24] dell' 89 %; ALDOVRANDI [1], nell'Emilia, del 70 %; PASSERINI e PONTECORVO [37], nella pianura pisana, del 53 % e BANDINI [3] nella Lucchesia del 161 % (media 107 % per le due provincie). Non è quindi esagerata una previsione di aumento del 100 % per effetto della semplice irrigazione. Se a questa si applica ancora l'aumento riscontrato da IPPOLITO [29] con l'uso delle acque luride, che varia dal 15 % al 40 %, (media 27 %) in terreni non concimati, si ha un aumento complessivo del 154 %.

Prati artificiali: le due colture da prato artificiale nelle quali si hanno maggiori ragguagli sono la Medica ed il Trifoglio; per le altre colture, anche da erbaio, si hanno pochi dati, solo per alcune Regioni. E' subito da notare che i migliori risultati con l'irrigazione si ottengono con la Medica mentre il Trifoglio è meno sensibile a questa pratica.

I dati sulle due colture si riportano promiscuamente. Nel Veneto, GRINOVERO [25] ha constatato aumenti di 0,36 %, 36 % e 82 % (in media 40 %); nella Lombardia, lo stesso A. [24] ha riscontrato l'89 %; nell'Emilia, ALDOVRANDI [1], il 44 %; in Toscana, BANDINI [3] il 111 % ed in Puglia, CERASINO [10] e VERDESCA [61] il 20 %. POTENZA [61] il 38 % e PANTANELLI e POTENZA [35] il 413 % (media 123 %). Non sembra esagerato calcolare, per le foraggere da prato artificiale irrigate con cloacali, un aumento di prodotto del 100 % se si tratti di Trifoglio e di circa il 200 % se si tratti di Medica e di erbai intercalari.

Passate brevemente in rassegna le tre colture che più interessano le zone e la rotazione considerate nel progetto, rimangono da esami-

nare altre colture che possono avere grande importanza specialmente in sostituzione parziale del Granturco come coltura da rinnovo. Tali sono: Barbabiatole da foraggio e da zucchero, Patate e Tabacco.

Per le Barbabietole da foraggio GRINOVERO [25], per il Veneto, considera un aumento del 44% e PASSERINI e PONTECORVO [37], per la pianura pisana, del 160%. Sulla scorta di questi AA. si può concludere che questa coltura possa triplicare il prodotto irrigandolo con acque di fogna.

Per le Barbabietole da zucchero, GRINOVERO [25], nel Veneto, ha riscontrato il raddoppiamento del prodotto con l'irrigazione. Ammettendo, in via di larga massima, un comportamento analogo a quello della Barbabietola da foraggio si può arguire che in Toscana, irrigando con acque di fogna, si possa ottenere un aumento del 150% circa.

Dati molto discordanti si hanno per la Patata secondo GRINOVERO, nel Veneto [25] e PASSERINI e PONTECORVO [37] per la pianura pisana: questi hanno riscontrato un aumento del 71%, l'altro una diminuzione del 21%. Fra i due dati è più logico attenersi a quello di PASSERINI e PONTECORVO ammettendo, in via del tutto prudenziale, un aumento del 65–70% per effetto della irrigazione con cloacali.

Il Tabacco, nel Veneto, aumenta il prodotto del 54% con l'irrigazione, secondo GRINOVERO [25] ed in Prov. di Pisa, secondo BANDINI [3], del 41%. Per il caso in esame si può assumere un aumento del 65–70%.

Un'altra coltura da prendere in esame è quella del Fagiuolo, specialmente per l'importanza economico-alimentare che essa assume nella zona considerata, nella quale, secondo PASSERINI e PONTECORVO [37] è suscettibile di triplicare o quadruplicare il prodotto se irrigata.

Riassumendo, dai dati sopra esposti si possono desumere i seguenti aumenti di prodotto per le varie colture:

Frumento	62 %	Barbabietola da foraggio	200 %
Granturco	100 %	„ „ zucchero	150 %

Prati artificiali	150 %	Tabacco	65 %
Erbai intercalari	100 %	Fagiuolo	300 %
Patata	65 %		

In linea di massima, tenuto conto del valore dei singoli prodotti, della loro quantità e della rispettiva superficie, si può fare sicuro assegnamento su una produzione lorda almeno doppia, sia come valore pecuniario che come valore alimentare, nei terreni da sottoporre alla irrigazione con le acque cloacali, ciò che porta, all'incirca, a raddoppiare il loro valore venale, anche prescindendo dalla minore spesa per acquisto di concimi che si può considerare assorbita dalle spese di manutenzione e di esercizio degli impianti periferici d'irrigazione.

Il raddoppiamento di prodotto previsto riguarda la media delle due zone di spandimento che allo stato attuale si presentano ben diversamente l'una dall'altra.

La zona destra è ben coltivata, con colture avvicendate razionalmente, in rotazioni settennali, ottennali, costituite da Frumento, prati artificiali, Mais, Barbabietole da zucchero, Fave, erbai, Cavolo ed altre colture secondarie, con colture intercalari. Tutte queste colture, peraltro, non rendono in proporzione delle possibilità agrarie della zona, sopratutto per deficienza di acqua e mancanza di irrigazione. I prodotti attuali della zona si aggirano per il Frumento sui 20-22 qli/ha e per i prati artificiali sui 50-60 qli ha di fieno normale.

Si può prevedere che l'irrigazione con cloacali porti in questi terreni le produzioni a qli/ha 30-35 per il Frumento ed a qli/ha 80 90, e forse oltre, per i prati. Inoltre, con l'irrigazione si potrebbe incrementare moltissimo la coltura degli ortaggi sia come estensione che come produzione unitaria.

La zona sinistra è, attualmente in condizioni deplorevoli nei riguardi della coltivazione: potrebbe definirsi come un lembo di Maremma trasportata alle porte di Pisa. Nè la colpa di ciò si può far

risalire agli agricoltori ed ai proprietari della zona ma alle sue condizioni pedologiche che non consentono di trasformarla come si dovrebbe e vorrebbe. La siccità a cui quei terreni sono soggetti nei mesi estivi rende oltremodo rischiosa ogni iniziativa diretta a trasformare l'ordinamento colturale attuale il quale prevede soltanto, come colture a carattere permanente, il Frumento ed il pascolo; in qualche annata è possibile praticare il rinnovo con Fave, ma del tutto saltuariamente, in dipendenza dell'andamento stagionale.

In questa zona le attuali produzioni medie del Frumento si aggirano sui 12-15 qli/ha e dai prati non si ricavano oltre 30-35 qli/ha di fieno. Risulta, peraltro, che qualche appezzamento di pochi ettari, convenientemente scelto e sistemato da coraggiosi agricoltori che si sono assunti l'onere ed il rischio dell'impresa, è capace di dare prodotti di 25-30 qli/ha di Frumento e di 60-70 q.li/ha di fieno, pur non irrigato. L'irrigazione con cloacali, oltre ad aumentare ancora le produzioni di queste colture che si possono ritenere principali, influirà anche con notevoli effetti sulle altre e specialmente su quelle da rinnovo, oggi praticamente impossibili o particolarmente difficili ed aleatorie.

Per ottenere questi risultati, specialmente nella zona sinistra, non basterà la sola irrigazione dei terreni ma occorrerà che essa sia accompagnata da una serie di opere di bonifica integrale, rese possibili e remunerative dall'opera fondamentale che è quella dell' irrigazione.

Pisa, Facoltà di Agraria della R. Università
Istituto di Patologia Vegetale
e Microbiologia Agraria e Tecnica

(Presentata il 15 Novembre 1940 – XIX.)

Principali opere consultate

1 - Aldovrandi A. — *L'irrigazione dei terreni ferraresi nella pratica applicazione.* Ferrara, 1937.

2 - Antoniani C. — *La depurazione agricola delle acque cloacali della Città di Milano.* La Conquista della Terra, **4**, *107*, 1933.

3 - Bandini M. — *Ricerche sulla economia della irrigazione. III - Risultati economici della irrigazione in Toscana.* Roma, 1937.

4 - Barbetti U. — *La fognatura di Pisa.* Pisa, 1932.

5 - Buchard P. — *L'eau potable et l'évacuation des eaux usées dans les campagnes.* La Vie agricole et rurale, **37**, *29*, 1932.

6 - Cambon M. — *L'impianto di sollevamento e depurazione della nuova fognatura urbana di Trieste.* Annali LL. PP., **74**. *47*, 1936.

7 - Canalis P. — *Sul progetto di fognatura per la Città di Trieste.* L'Igiene moderna, **20**, *8*, 1927.

8 - Casagrandi O. e Seppilli A. — *Esperienze sui tubi "Eternit" di fronte a liquami di fogna, ad acque salmastre e selenitose.* Genova, 1931.

9 - Celli A. e Menozzi A. — *La depurazione agricola delle acque di fognatura di Milano.* Staz. Sper. Agr. Ital., **35**, *145*, 1902.

10 - Cerasino C. — *Esperienze di irrigazione e subirrigazione.* Bari, 1927.

11 - Cimmino A. — *Autodepurazione batterica e biochimica delle correnti inquinate.* Acqua e Gas, **6**, *215*, 1938.

12 - Colamonico F. — *L'impianto di depurazione delle acque di fogna a Potenza.* Annali LL. PP., **73**, *1134*, 1935.

13 - Comune di Genova. — *Il problema della fognatura del Comune.* Genova, 1934.

14 - Corradi L. F. — *L'industria del cemento-amianto in Italia e i tubi di cemento-amianto negli acquedotti, nelle fognature e nelle condotte per gas.* Genova, 1935.

15. - Corsetti G. — *I collettori delle fogne di Roma.* Annali LL. PP., **63**, *201*, 1925.

16 - Cuomo E. e Gesuè G. — *Utilizzazione agraria delle acque di fogna.* Acqua e Gas, **19**, *1*, e *21*, 1940.

17 - De Blasi D. e Ippolito G. — *Sulla utilizzazione dei rifiuti liquidi.* Atti II Congr. Inter. Tecn. Sanit., 1931.

18 - De Martino G. A. — *Esame critico comparativo dei sistemi più in uso per la depurazione delle acque di fogna.* Annali LL. PP., **75**, *889 e 981*, 1937.

19 - Dienert M. — *Cours d' épuration des eaux et assainissemeni des cours d' eaux.* Paris, 1922.

20 - Fabbri A. — *Ricerche sulle acque di rifiuto e sul loro impiego in Agricoltura.* L' Italia agricola, **69**, *836*, 1932.

21 - Ferrari D. — *Il trattamento naturale e artificiale delle acque di fogna.* Parma, 1909.

22 - Friedmann G. — *Fertirrigazione.* Milano, 1939.

23 - Gabbano L. — *Ulteriori ricerche sulla depurazione batterica delle acque a contatto con materiali cementizi.* L' Igiene moderna, **28**, 1935.

24 - Grinovero C. — *Consorzio irriguo Cellina-Meduna. Progetto Generale di massima. Relazione economico-agraria.* Pordenone, 1933.

25 - „ — *Ricerche sulla economia della irrigazione. II. Risultati economici della irrigazione nel Veneto.* Roma, 1933.

26 - Imhoff K. — *Epurazione delle acque di fognatura urbana.* (Tradotto ed annotato da Ippolito G.). Milano, 1934.

27 - Ippolito G. — *L' organizzazione regionale degli impianti di fognatura* Atti VIII Congr. Naz. Assoc. Ital. Fascista per l' Igiene, 1930.

28 - „ G. — *La Stazione Sperimentale di Foggia per l' epurazione ed utilizzazione delle acque di fogna, nel primo biennio di esercizio* Napoli, 1934.

29 - „ G. — *La Stazione sperimentale di Foggia per l' epurazione ed utilizzazione delle acque di fogna, nel secondo biennio di esercizio* Acqua e Gas, **26**, *1*, 1937.

30 - „ G. — *L' impianto di epurazione delle acque di fogna di Potenza.* Ibidem, **27**, *1*, 1938.

31 - „ G. e De Blasi D. — *Utilizzazione delle acque di rifiuto.* L' Ingegnere, **6**, *302* e *382*, 1932.

32 - „ G. e Gesuè G. — *La Stazione Sperimentale di Foggia per la epurazione ed utilizzazione delle acque di fogna nel periodo dal 1° novembre 1935-XIV al 30 ottobre 1938-XVII.* Roma, 1939.

33 - Neri F. — *La depurazione biologica dei rifiuti liquidi e le sue applicazioni.* Atti VIII Congr. d' Igiene, 1933.

34 - „ — *Sulla depurazione biologica dei rifiuti liquidi urbani.* Roma, 1935.

35 - PANTANELLI E. e POTENZA G. — *Il campo sperimentale di Foggia dal 1926 al 1928.* Bari, 1928.

36 - PASCA R. — *Orientamenti nella progettazione delle fognature separate per acque nere e degli impianti di depurazione biologica.* Annali LL. PP., **76**, *833* e *917*, 1938.

37 - PASSERINI G. e PONTECORVO G. — *Limiti di convenienza economica nell'irrigazione del sottosuolo in Toscana.* Atti VI Congr. Naz. delle Acque, Bari, 1933.

38 - PEROTTI R. — *I problemi microbiologici dell' Annona e della bonifica nell' attuale momento economico della Città di Roma.* Roma, 1910.

39 - PEROTTI R. — *Per una generale politica di utilizzazione agricola delle acque di fogna.* Atti VI Congr. d. Scienze, 1912.

40 - „ — *Può avere la Città di Roma i campi d'irrigazione con le acque di fogna?* Roma, 1912.

41 - „ — *Per la utilizzazione agricola delle acque della fognatura cittadina.* Boll. Soc. Agricolt. Italiani, 22, 1912.

42 - „ — *Progetto di depurazione ed utilizzazione industriale ed agricola delle acque di fogna della Città di Roma.* Roma, 1913.

43 - „ — *Varianti ed aggiunte al progetto di depurazione ed utilizzazione industriale ed agricola delle acque cloacali di Roma.* Roma, 1917.

44 - „ — *Per la depurazione ed utilizzazione agricola delle acque cloacali della Città di Albano Laziale.* Roma, 1920.

45 - „ — *La teoria microrganica della concimazione.* I edizione, Roma, 1924 e II edizione, Bologna, 1938.

46 - „ — *L'utilisation des eaux d' égout des Villes pour l'Agriculture.* Relazione al XVIII Congr. Intern. di Agricolt., Dresda, 1939.

47 - POGGI F. — *Progetto per la fognatura della Città di Parma.* Milano, 1921.

48 - „ e GASPERINI L. — *Comune di Montecatini. Canalizzazione delle acque di rifiuto.* Milano, 1914.

49 - POTENZA G. — *Esperienze di irrigazione nel 1926 e 1927.* Bari, 1929.

50 - PULCHER F. — *Progressi e nuovi indirizzi nell' eliminazione delle acque di rifiuto.* L' Igiene moderna, **28**, 1935.

51 - RICCI-BUSATTI A. — *Bonifica della pianura settentrionale pisana. Progetto esecutivo.* Pisa, 1906.

52 - RIZZI S. — *L' epurazione biologica delle acque di rifiuto.* Milano, 1915.

53 - ROGAI F. A. — *I terreni della bassa valle dell' Arno.* Boll. Fac. Agr. R. Univ., Pisa, 9, *543*, 1933.

54 - „ e ZWEIFEL G. — *Analisi di alcuni terreni del Monte pisano.* Boll. R. Ist. Sup. Agr., Pisa, 4, *573*, 1928.

55 - RONCHI V. — *Aspetti tecnici ed economici del problema irriguo nel comprensorio del costituendo Consorzio "Brenta-Avisio".* Treviso, 1932.

57 - RUGGERO G. — *La moderna tecnica epurativa delle acque di rifiuto urbane.* Atti Congr. Ing. d. Tre Venezie, 1932.

58 - RUSSO C. — *Contributo allo studio della depurazione biologica con i fanghi attivati, in rapporto alla microbiologia, ai batteriofagi, ai germi patogeni.* Atti IX Congr. Naz. d' Igiene, 1934.

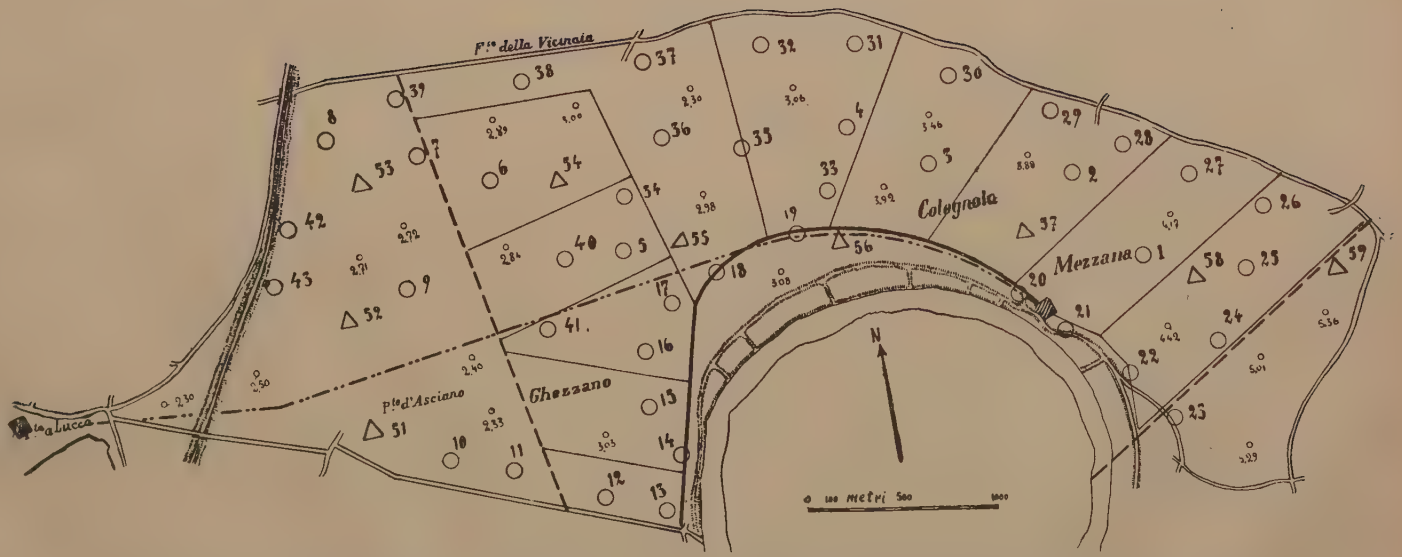
59 - SENTENAC I. — *L' epuration agricole des eaux d' égout.* Paris, 1927.

60 - TITTA G. — *Sopra gli erbai estivi irrigati.* Boll. R. Ist. Sup. Agr., Pisa, 12, *736*, 1936.

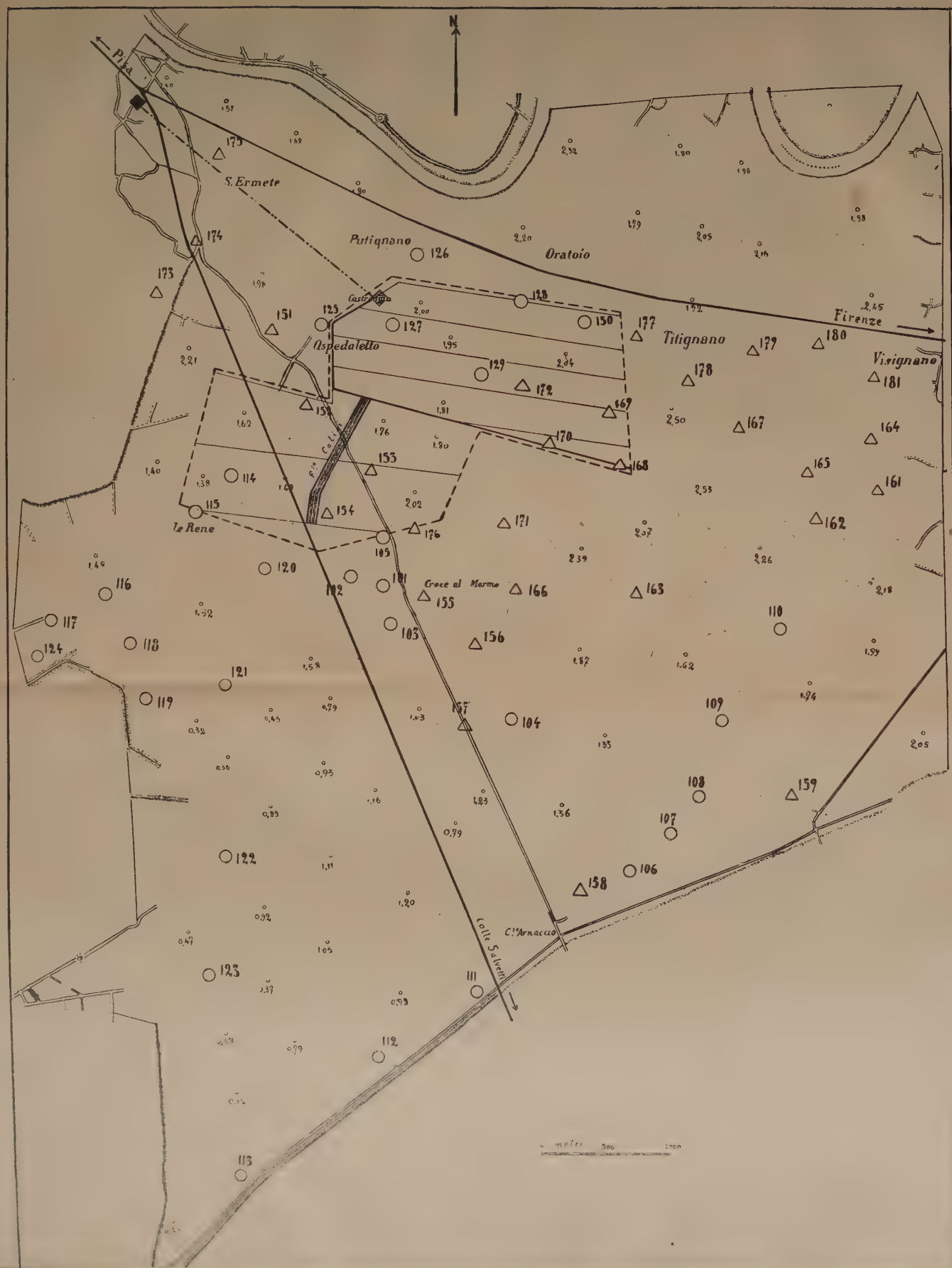
61 - VERDESCA G. — *Esperienze d' irrigazione nel 1928 e 1929.* Bari, 1932.

62 - WHITHEAD H. C. — *Il trattamento del fango di fogna con la digestione batterica.* Civil Engineering, novembre 1931.

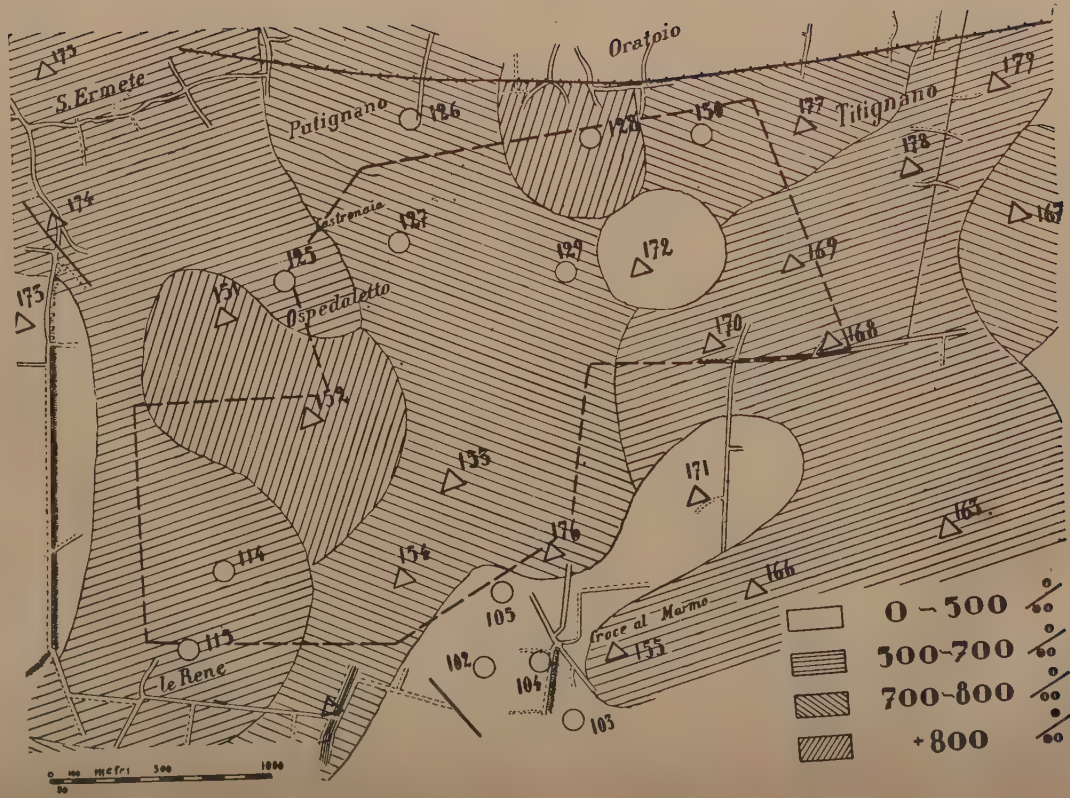
63 - X. X. — *Posa in opera dei tubi "Eternit" e loro prova.* Genova, 1935.



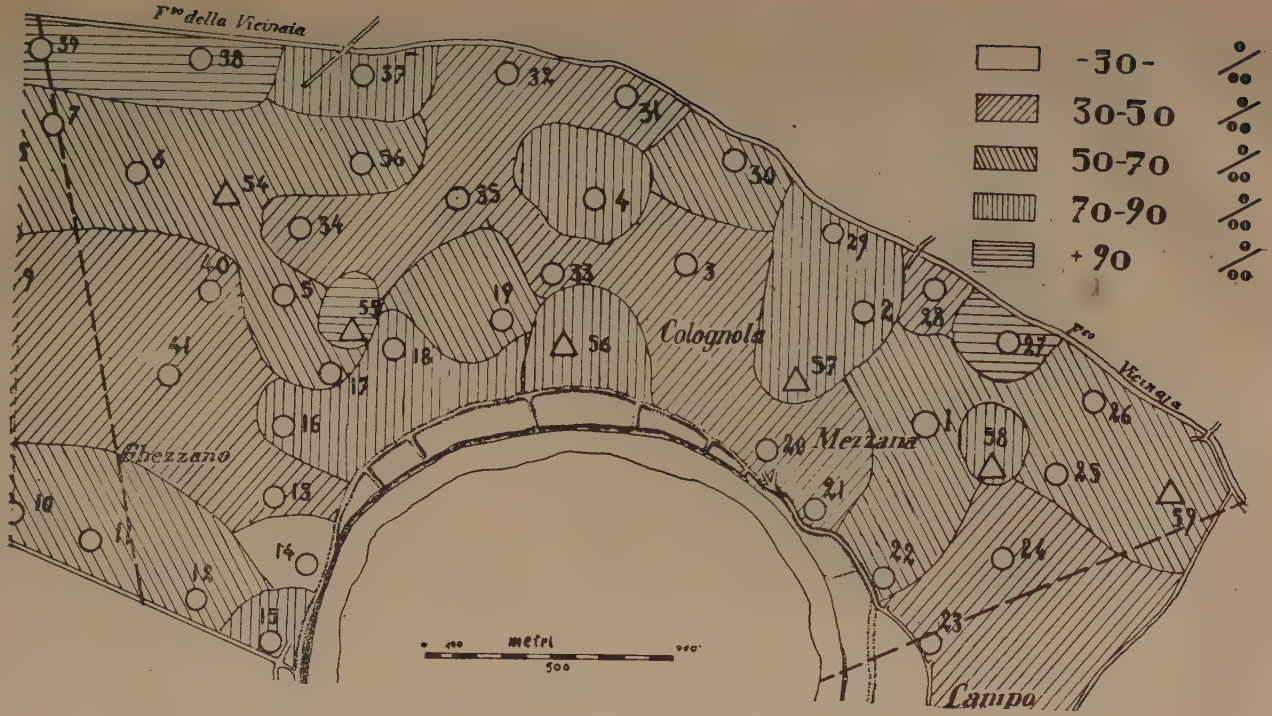
TAV. I – Piano quotato, località di prelevamento e n.º dei campioni di terra, area di spandimento, nella zona destra.


N
Pisa
S. Ermete
Putignano
Oratoio
Firenze
Titignano
Visignano
Ospedaletto
Le Rene
Croce al Marmo
Colle Salvetti
metri

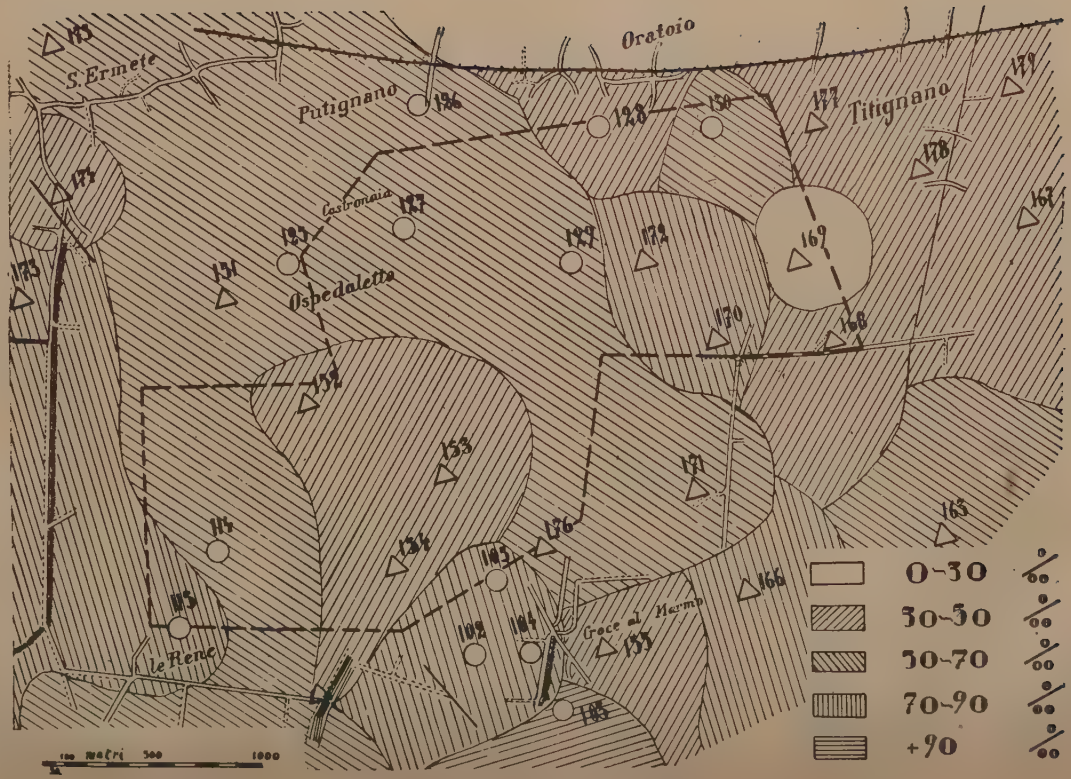
Tav. III – Distribuzione del materiale sabbiforme nei terreni della zona destra.



Tav. IV. – Distribuzione del materiale sabbiforme nei terreni della zona sinistra.

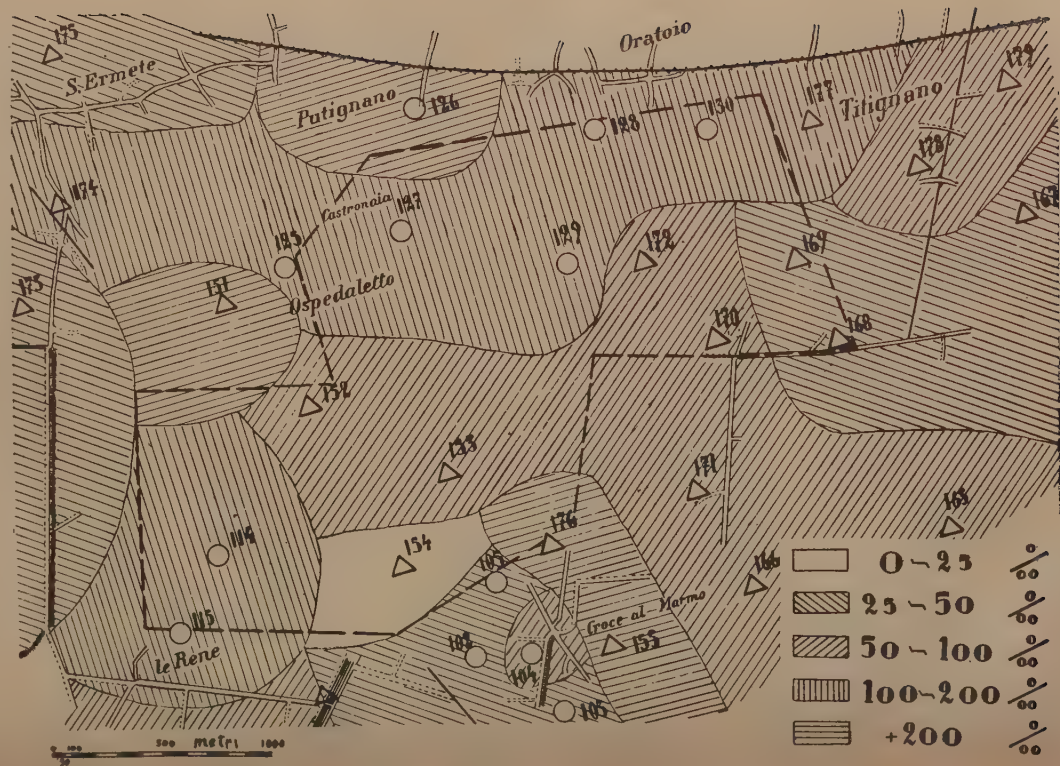


Tav. V. – Distribuzione della sostanza organica nei terreni della zona destra.



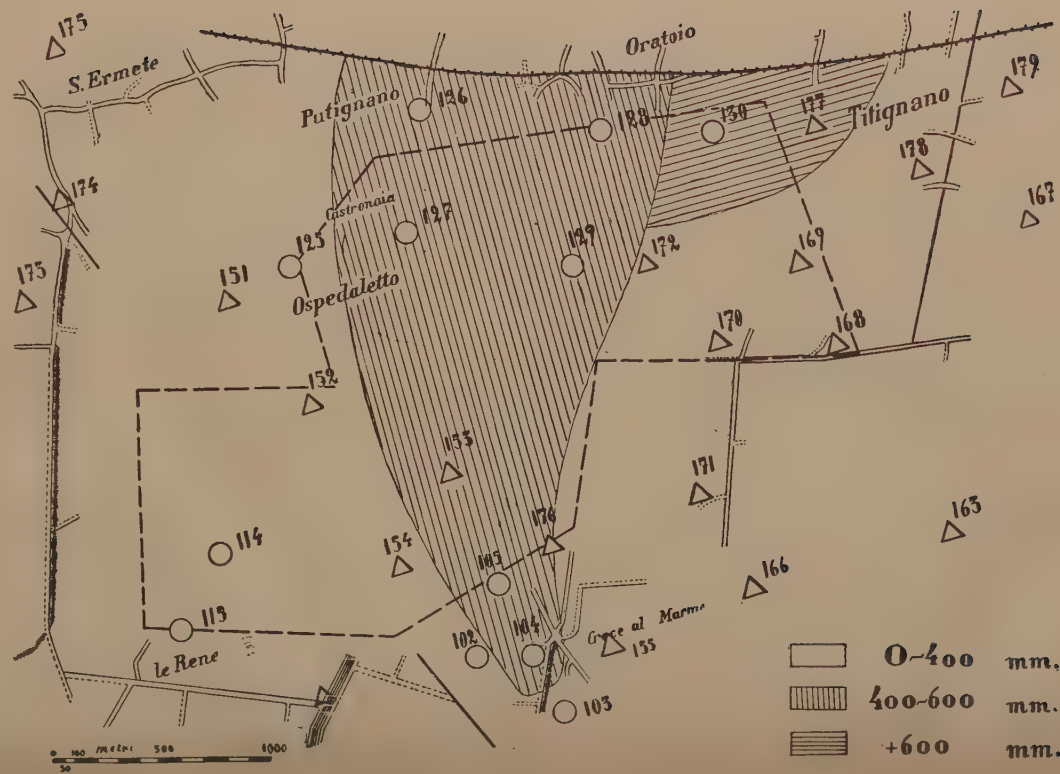
Tav. VI – Distribuzione della sostanza organica nei terreni della zona sinistra.

Tav. VII – Distribuzione del calcare nei terreni della zona destra.

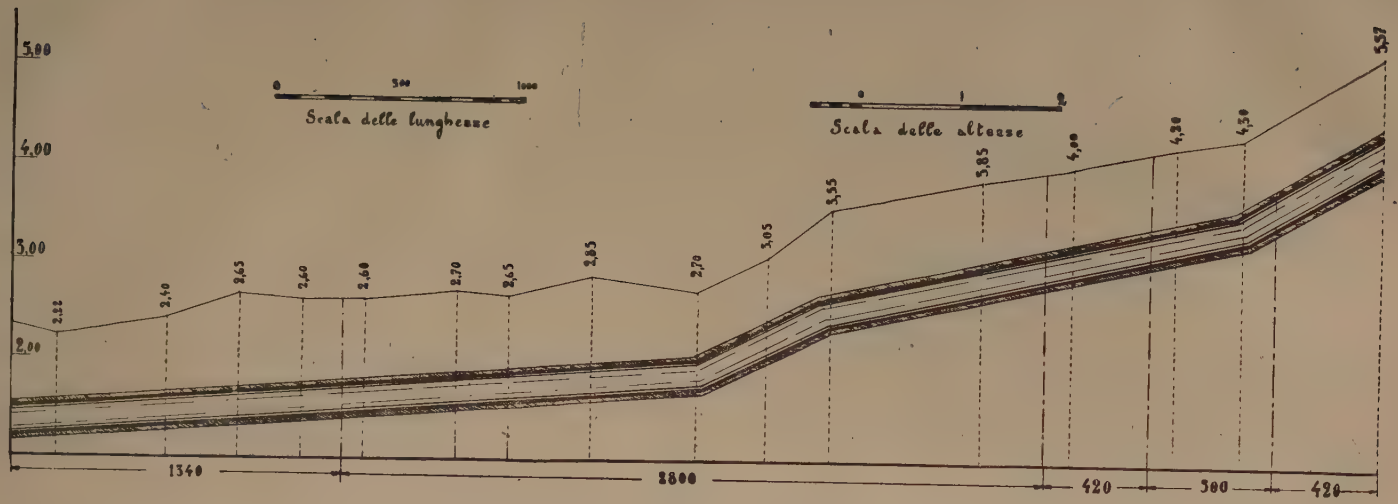


Tav. VIII – Distribuzione del calcare nei terreni della zona sinistra.

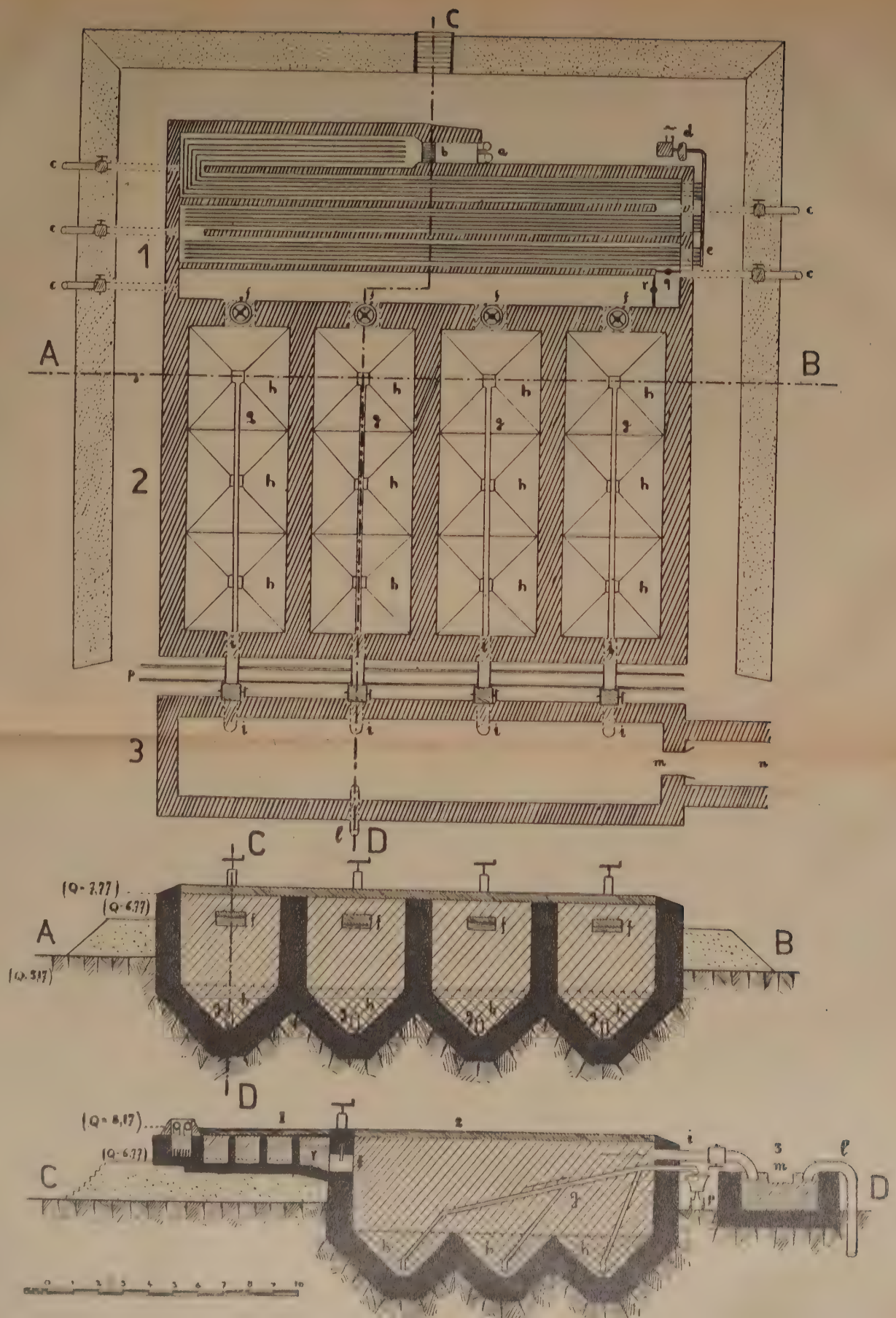
Tav. IX – Distribuzione della permeabilità nei terreni della zona destra.



Tav. X – Distribuzione della permeabilità nei terreni della zona sinistra.



TAV. XI – Profilo delle condotte forzate nella zona destra.


C
A
B
1
2
3
D
(Q-7,77)
(Q-6,77)
(Q-5,17)
(Q-8,17)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10